



**ANALISIS *EXERGY* KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN
R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA**

SKRIPSI

Di ajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi Untuk
Mencapai Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Jenjang Strata Satu
(S1)

Oleh:

**SURYA KUSTIARSO
NPM. 6416500093**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS EXERGY KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA

NAMA PENULIS : SURYA KUSTIARSO

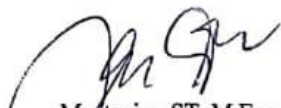
NPM : 6416500093

Telah disetujui oleh Dosen Pengampu untuk dipertahankan dihadapan siding
Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

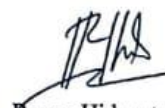
Hari : Kamis.

Tanggal : 18 Februari 2021

Dosen Pembimbing I


Mustaqim, ST., M.Eng
NIPY. 9050751970

Dosen Pembimbing II


Royan Hidayat, ST., MT
NIPY. 2496441990

HALAMAN PENGESAHAN KELULUSAN UJIAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik
Universitas Pancasakti Tegal.

Hari : Kamis

Tanggal : 18 Februari 2021

Penguji I

Mustaqim, ST.M.Eng
NIPY. 9050751970



Penguji II

Drs. Drajat Samyono, MT
NIPY. 20962771957



Penguji III

Okky Hendra Hermawan, ST, MT
NIPY.24461531983



Disahkan
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Agus Wibowo, ST., MT
NIPY. 126518101972

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“ANALISIS EXERGY KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA ”** ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri.

Dalam penulisan skripsi ini saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan sebagaimana mestinya.

Demikian Pernyataan ini untuk dapat dijadikan pedoman bagi yang berkepentingan, dan saya siap menanggung segala resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim terhadap keaslian karya tulis ini.

Tegal, 13/02/2021



SURYA KUSTIARSO

NPM. 6416500093

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Lebih baik tidak tidur semalaman dari pada harus MENGULANG di semester depan.
2. Kuliah adalah pelajaran hidup tentang kerendahan hati, Dimana segala sesuatu ketika di hadapkan dengan revisi kau harus teteap rendah hati.
3. “Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (Q.S Al-Insyirah : 5-6)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

1. Yang Utama Dari Segalanya, Puji syukur kepada Allah SWT. Atas karunia serta kemudahan yang telah diberikan akhhirnya Skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.
2. Bapak Agus kustiarso, Ibu Sri rodiyati dan Adik kamil Kustiarso yang selalu mendoakan, memberikan semangat dukungan baik moral ataupun materi.
3. Seluruh keluarga besar penulis yang memberikan dukungan moril dan motivasi sehingga mampu membuat penulis semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Teman pontang panting team's yang telah memberikan bantuan semangat dan waktunya sehingga tugas akhir skripsi ini berjalan dengan baik.
5. Untuk orang orang yang selalu bertanya “kapan aku di wisuda”

ABSTRAK

Surya Kustiarso, 2021. “**ANALISIS *EXERGY* PADA KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA**”, Laporan Skripsi Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal 2021.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *Exergy* sistem pada pendingin kulkas, mengetahui pengaruh campuran R290/600a terhadap tingkat *Exergy* sistem yang terjadi, serta untuk mengetahui metode yang efektif pada pengisian langsung atau di campur dengan menggunakan kaleng kosong. Selain itu juga untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang refrigerant.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan dua metode eksperimen, yaitu pencampuran R290/600a secara langsung dan dengan metode pencampuran R290/600a menggunakan kaleng kosong. Pengambilan data dilakukan selama 120 menit pada suatu ruang climatic chamber Fakultas Teknik UPS Tegal. Pengambilan data dilakukan setelah mengalami proses steady. Pengambilan data dilakukan pada saat kulkas dihidupkan kemudian data logger arduino akan menyimpan data selama eksperimen dengan pencatatan waktu permenit secara otomatis tersimpan kedalam Pc. Kemudian data di analisa dengan menggunakan rumus *Exergy*, untuk mengetahui tingkat *Exergy* sistem yang di hasilkan tiap komponen. Komponen yang di uji terdapat 4 komponen yaitu Kompresor, Kondensor, Pipa kapiler dan Evaporator. Setelah itu akan diketahui nilai *Exergy* sistem dari ke 4 komponen dan di ketahui juga efisiensi *exergy* sistemnya. Hasil penelitian menunjukan tingkat *Exergy* sistem Pada kompresor dapat diketahui tingkat *Exergy* terkecil adalah dari campuran langsung yaitu 0,0022 Kw/kj. Pada kondensor dapat diketahui tingkat *Exergy* terkecil adalah dari campuran langsung R290/600a yaitu 0,306 Kw/kj. Pada pipa kapiler dapat diketahui tingkat *Exergy* terkecil adalah dari R134a yaitu 1,07 Kw/kj. Pada evaporator dapat diketahui tingkat *Exergy* terkecil adalah dari campuran kaleng R290/600a yaitu 2,7 Kw/kj. Secara garis besar dapat disimpulkan tingkat *Exergy* terkecil adalah dari campuran kaleng R290/600a yaitu 4,1 Kw/kj. Dan tingkat *Efisiensi Exergy* terbaik adalah campuran R290/600a pada kaleng yaitu 0,939 Kw/kj. Dengan diperolehnya perhitungan diatas dapat di simpulkan semakin kecil tingkat *exergy* sistem dari sebuah refrigerant, maka semakin baik suatu sistem dapat bekerja.

Kata Kunci : Kulkas, Refrigerant R290/600a, *Exergy* sistem

ABSTRACT

Surya Kustiarso , 2021. " **EXERGY ANALYSIS ON KULKAS USING R-290 / 600A MIXED BASE R134A WITH MASS VARIATION** ", Report of Mechanical Engineering Thesis, University of Pancasakti Tegal 2021 .

This study aims to determine the *Exergy* system in the refrigerator cooler, to determine the effect of the R290 / 600a mixture on the *Exergy* level of the system, and to determine the effective method for direct filling or mixed with empty cans. In addition, it is also to develop knowledge in the field of refrigerants.

The data collection method was carried out by using two experimental methods, namely mixing R290 / 600a directly and by mixing method R290 / 600a using empty cans. Data were collected for 120 minutes in a climatic chamber at the Faculty of Engineering, UPS Tegal. Data collection is carried out after experiencing a steady process. Data retrieval is done when the refrigerator is turned on, then the data logger arduino will store data during the experiment by recording the time per minute automatically stored on the PC. Then the data is analyzed using the *Exergy* formula , to determine the *Exergy* level of the system produced by each component. There are 4 components tested, namely Compressor, Condenser, Capillary Pipe and Evaporator. After that we will know the *Exergy* value of the system from the 4 components and also know the *exergy* efficiency of the system. The results showed that the *Exergy* level of the system on the compressor can be seen that the smallest *Exergy* level is from the direct mixture, namely 0.0022 Kw/kj. In the condenser, it can be seen that the smallest *exergy* level is from the direct mixture R290/600a, namely 0.306 Kw / kj. In the capillary tube, it can be seen that the smallest *exergy* level is from R134a, which is 1.07 Kw/kj. In the evaporator, it can be seen that the smallest *exergy* level is from a mixture of R290/600a cans, namely 2.7 Kw/kj. Broadly speaking, it can be concluded that the smallest *exergy* level is from a mixture of R290/600a cans, namely 4.1 Kw/kj. And the best *Exergy efficiency* level is a mixture of R290/600a in the can, namely 0.939 Kw / kj. By obtaining the above calculations, it can be concluded that the smaller the *exergy* level of a refrigerant system, the better a system can work.

Keywords: Refrigerator, Refrigerant R290 / 600a, *Exergy* system

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**ANALISIS EXERGY KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA**” Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi strata 1 Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

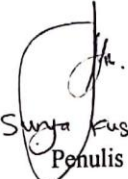
1. Dr. Agus Wibowo, S.T., M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Tegal yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menyusun skripsi ini.
2. Mustaqim, ST.,M.Eng sebagai dosen pembimbing I yang dengan kesabarannya telah berkenan meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Royan Hidayat, ST.,MT sebagai dosen pembimbing II yang dengan kesabarannya telah berkenan meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Seluruh dosen dan staf tata usaha Fakultas Teknik yang telah memberikan ilmunya dan membantu selama menyusun skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu penulis yang telah memberikan motivasi dan dukungan baik secara moril maupun materil.
6. Seluruh keluarga besar penulis yang memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
7. Semua semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki skripsi ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan.

Tegal,


Surya Kusnanto
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN KELULUSAN UJIAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
E. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	
A. Landasan Teori	7
1. Kulkas (Lemari Pendingin).....	7
2. Siklus Refrigerasi	10
3. Reffrigerant R134aa,R290,dan R600a.....	15
4. Analisis <i>Exergy</i>	20
B. Tinjauan Pustaka	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Metode Penelitian.....	30
B. Waktu dan tempat penelitian	31

C. Instrumen Penelitian	31
D. Alat Dan Bahan	32
1. Alat	32
2. Bahan	37
E. Prosedure Penelitian	38
F. Diagram Alir Penelitian	47
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	48
B. Pembahasan	85
 BAB V Penutup	
A. Kesimpulan	86
B. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kulkas	7
Gambar 2.2 Sistem Refrigerasi Kompresi uap.....	11
Gambar 2.3 Diagram tekanan enthalpy siklus kompresi uap standar	13
Gambar 2.4 Perbandingan siklus aktual dan siklus standart.....	15
Gambar 2.5 Perbandingan Tekanan dengan suhu	18
Gambar 2.6 Grafik hubungan antara temperatur & tekanan.....	19
Gambar 3.1 Skema Pengambilan data.....	31
Gambar 3.2 Climatic chamber room.....	32
Gambar 3.3 Kulkas.....	32
Gambar 3.4 Sensor 18B20.....	33
Gambar 3.5 Pressure Gauge	33
Gambar 3.6 Tap valve Refrigerant.....	34
Gambar 3.7 Pompa Vacuum	34
Gambar 3.8 Pengukur suhu ruang	35
Gambar 3.8 Data Logger	35
Gambar 3.10 Kipas / fan	35
Gambar 3.11 Heater (Pemanas).....	36
Gambar 3.12 Timbangan Freon	36
Gambar 3.13 Arduino.....	37
Gambar 3.14 R-134a	37
Gambar 3.15 R-290	38
Gambar 3.16 R-600a	38
Gambar 3.17 Pemvakuman.....	42

Gambar 3.18 Proses pengisian	43
Gambar 3.19 Proses Pencampuran R290/600a langsung.....	44
Gambar 3.20 Proses Pencampuran R290/600a tidak langsung	44
Gambar 3.21 Proses Pengisian R134a.....	45
Gambar 3.22 Analisa Data	45
Gambar 3.23 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 4.1 Grafik daya	48
Gambar 4.2 Alur Temperature Unit R134a	54
Gambar 4.3 Alur Temperature Unit campuran R290/600a tidak langsung ...	61
Gambar 4.4 Alur Temperature Unit campuran R290/600a langsung	67
Gambar 4.5 Grafik pada kompressor.....	79
Gambar 4.6 Grafik pada kondensor.....	80
Gambar 4.7 Grafik pada pipa kapiler.....	81
Gambar 4.8 Grafik pada evaporator	82
Gambar 4.9 Grafik pada <i>Exergy</i> sistem.....	83
Gambar 4.10 Grafik pada <i>Efisiensi exergy</i> sistem.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Density R134a	41
Tabel 3.2 Tabel Density Blend R290/600a.....	41
Tabel 4.1 Data Temperature dan Tekanan R134a.....	49
Tabel 4.2 Pengolahan Data R134a (<i>Entalpi & Entropi</i>).....	54
Tabel 4.3 Data Temperature dan Tekanan R290/600 kaleng.....	55
Tabel 4.4 Pengolahan Data R290/600a kaleng (<i>Entalpi & Entropi</i>).....	60
Tabel 4.5 Data Temperature dan Tekanan R290/600 Langsung.....	61
Tabel 4.6 Pengolahan Data R290/600a langsung (<i>Entalpi & Entropi</i>).....	66
Tabel 4.7 Tabel Daya Aktual tiap Refrigeran.....	68
Tabel 4.8 Hasil perhitungan <i>Exergy</i> tiap refrigerant dan komponen.....	78

LAMPIRAN

Lampiran 1 Software aplikasi Refprop.....	90
Lampiran 2 Pengaturan units pada refprop.....	90
Lampiran 3 Settings singgel fluid 134a.....	91
Lampiran 4 Settings define mixture R290/600a.....	91
Lampiran 5 Settings perbandingan pencampuran 50:50.....	92
Lampiran 6 Input data to Refprop	92
Lampiran 7 Hasil data yang telah di input ke refprop.....	93
Lampiran 8 Data R134a	93
Lampiran 9 Data blend R290/600a.....	94
Lampiran 10 Simbol Notasi	96

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem refrigerasi sekarang ini memegang peranan penting dalam kehidupan manusia, baik mesin refrigerasi yang berskala besar untuk industri serta untuk keperluan rumah tangga. Teknologi sistem pendingin ini dibutuhkan untuk penyiapan bahan makanan, media dengan penyimpanan distribusi makanan dan proses kimia yang memerlukan pendinginan. Peralatan yang menghasilkan serata berguna tinggi dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat haruslah bersahabat dengan lingkungan. (Faozan, 2017)

Jacob Parkin pada tahun 1834 membuat sistem pendingin kompresi uap pertama kali. Sejumlah zat kimia telah diuji coba sebagai cairan kerja atau zat pendingin. Mulai dari bahan etilklorida, metil klorida, propana, iso-butana amonia, karbon dioksida, sulfur dioksida, dan air, industri berkembang secara bertahap. Tetapi terobosan besar terjadi dengan penemuan zat baru di kloroflouro metana pada tahun 1930 oleh Thomas Midgley dan Albert Henne dan pada saat itu, keluarga bahan kimia yang termasuk Clorofluorokarbon (CFC) dan hidro chloro fluoro karbon (HCFC) karena sifatnya yang tidak toksisitas, tidak mudah terbakar, tidak korosif menjadi yang paling jenis refrigeran dominan yang terpakai. (Temaja et al., 2018)

Upaya pemerintah dengan berbagai perhatian untuk menemukan refrigeran alternatif ramah lingkungan. Perhatian Pemerintah Indonesia terhadap perlindungan lapisan ozon dinyatakan dalam Keputusan Presiden No.

23/1992 serta pada keputusan dari Kementerian Perdagangan dan Perindustrian No. 110 / MPP / Kep / 1/1998 yang memuat pembatasan pada penggunaan dan produksi zat yang dapat lapisan ozon menipis. Untuk menghasilkan suatu produk yang dapat memenuhi standar, pemerintah telah merumuskan Standar Nasional Indonesia (SNI) dalam bidang hidrokarbon sebagai langkah terbaik dan strategis. Beberapa refrigeran alami sudah digunakan dalam mesin pendingin seperti ammonia (NH_3), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO_2), air, dan udara. Penggunaan karbon dioksida, air, dan udara dalam lemari pendingin komersial masih memerlukan penelitian yang ekstensif. Sifat yang mudah terbakar salah satunya Amonia, sedangkan hidrokarbon termasuk dalam zat yang sangat mudah terbakar. Oleh karena itu, refrigeran umumnya sulit digunakan pada sistem pencampuran langsung. Sistem pendingin tidak langsung dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan kedua refrigeran. Para peneliti mencoba meminimalisir tingkat mudah terbakar dari hidrokarbon dengan mencampurnya dengan refrigeran yang tidak mudah terbakar lainnya. Dalam studi yang telah dilakukan peneliti lain, refrigeran R290 dicampur dengan refrigeran tidak mudah terbakar yaitu R134a. (Temaja et al., 2018)

Banyak perusahaan berlomba mencari alternative bahan kimia untuk CFC dan HCFC. Karena sifat termofisik HFC-134a sangat mirip dengan CFC-12 dan juga refrigeran ramah lingkungan yang tidak beracun, Negara Amerika dengan Produsen zat kimia terbaik telah merekomendasikan HFC-134a sebagai pengganti potensial untuk CFC-12 di lemari es domestik. Namun, sementara potensi penipisan ozon (ODP) dari HFC-134a relatif terhadap CFC-

11, Potensi pemanasan global (GWP) adalah sangat tinggi (GWP¹/41300). Untuk alasan ini, oleh karena itu dalam waktu dekat produksi dan penggunaan HFC-134a akan diakhiri. (Wongwises & Chimres, 2005)

Hal inilah yang merupakan masalah utama dalam bidang sistem pendingin untuk meminimalisir serta dengan bahaya refrigrasi yang memiliki dampak negatif sangat besar bagi Lingkungan yaitu penipisan lapisan ozon dan pemanasan global. Saat ini sebagian besar sistem pendingin dan refrigerasi atau mesin refrigerasi yang berfungsi baik untuk industri juga untuk keperluan rumah tangga menggunakan mesin refrigerasi yang menggunakan siklus kompresi uap. (Faozan, 2017)

Peneliti menggunakan metode study experimental dan study literatur yaitu suatu penelitian yang berusaha untuk mencari serta mendapatkan pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lainnya dengan cara meneliti langsung alat yang digunakan untuk mendapatkan data yang diperlukan serta menggunakan jurnal dan buku bacaan sebagai landasan bahan acuan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Maka dari itu refrigerant hidrokarbon menarik untuk diteliti, Maka penulis mengambil judul yaitu “ANALISIS *EXERGY* PADA KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA”

B. Batasan Masalah

Hal yang akan di bahas dalam penelitian ini agar lebih mengarah ke tujuan penelitian dengan membatasi pokok permasalahan sebagai berikut :

1. Obyek penelitian pada analisis *Exergy* Kulkas pada kompressor, kondensor, pipa kapiler dan evaporator.
2. Pengambilan data pada kondisi steady (kondisi daya stabil)
3. Menggunakan obyek penelitian pada kulkas 2 pintu Toshiba GR-C259
4. Menggunakan metode pencampuran perbandingan R-290/600a langsung dan R290/600a tidak langsung.
5. Menggunakan perbandingan refrigerant 50 : 50 massa 62,4gr
6. Menggunakan software Refprop untuk mengetahui *enthalphy* & *entropy*.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah tersebut, maka penulis merumuskan permasalahan penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh perbandingan refrigerant R290/600a Terhadap kerusakan *Exergy* sistem ?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan refrigerant R290/600a Terhadap Efisiensi kerusakan *Exergy* sistem ?
3. Apakah campuran R290/600a dapat menggantikan sebagai pengganti basic R134a?

D. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memperoleh pengaruh refrigerant R290/600a Terhadap kerusakan *Exergy System*.
 - b. Memperoleh efisiensi analisis kerusakan *Exergy* total yang di teliti.
 - c. Mendapatkan ilmu tentang metode pencampuran refrigerant yang baik digunakan pada saat pencampuran.
2. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :
- a. Bagi Mahasiswa
 - a) Memperoleh informasi tentang pengaruh refrigerant R-290/600a yang baik digunakan sebagai pengganti R134a..
 - b) Mendapatkan informasi tentang jenis refrigerasi dan rasio komposisi yang baik digunakan pada kulkas.
 - c) Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi peningkatan prestasi kerja pada sebuah mesin pendingin terutama pada sistem Analisis kerusakan *Exergy*.
 - d) Sebagai bahan acuan untuk mengembangkan teknologi di bidang refrigerant pada alat kulkas.
 - b. Bagi Akademik
 - 1) Hasil penelitian yang didapat di harapkan mampu menjadi referensi peneliti lain yang ingin meneliti sistem refrigerasi dengan hydrocarbon.
 - 2) Sebagai pustaka bahan penunjang proses perkuliahan.
 - 3) Sebagai riset teknologi.

E. Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika proposal ini terdiri dari sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian yang dilakukan.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang berbagai landasan teori yang dijadikan acuan dan digunakan untuk analisis masalah yang menjadi topik bahasan dalam penelitian ini antara lain: *Exergy*, refrigerant serta sistem refrigerasi serta masih banyak lagi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, populasi, sampel, dan teknik pengambilan sampel, variabel penelitian, metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisi tentang hasil data yang dibutuhkan, antara lain: menghitung *exergy* sistem yang terbuang/hilang.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang telah peneliti lakukan

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. LANDASAN TEORI

1. Kulkas (Lemari Pendingin)

Ruang penyimpanan makanan umumnya di gunakan untuk menyimpan bahan makanan mentah, sayur-sayuran, buah-buahan, minuman kaleng, dan es krim agar tidak membusuk, tahan lama, dan tetap terjaga awet di dalam suhu yang telah diatur dengan sedemikian rupa. Ruang penyimpanan/kulkas adalah suatu unit mesin pendingin di pergunakan dalam rumah tangga, untuk menyimpan bahan makanan atau minuman. Lemari es/kulkas memanfaatkan proses dalam menguapkan bahan pendingin. Bahan pendingin yang digunakan untuk menguapkan suatu sistem dibutuhkan panas yang akan di uapkan menjadi dingin.



Gambar 2.1 Kulkas
Sumber : (Kulkas, 2016)

Komponen-Komponen pada Kulkas

a. Kompresor

Apabila dianalogikan dengan tubuh manusia, kompresor merupakan bagian terpenting di dalam kulkas. Sama dengan jantung yang memompa darah ke seluruh tubuh..

b. Kondensor

Kondensor adalah alat penukar kalor untuk mengubah wujud gas bahan pendingin pada suhu dan tekanan tinggi menjadi wujud cair. Jenis kondensor yang banyak digunakan pada teknologi kulkas saat ini adalah kondensor dengan pendingin udara yang digunakan pada sistem refrigrasi, kulkas kecil maupun sedang. Pipa saluran kondensor yang berkelok untuk menghilangkan/membuang panas yang dikeluarkan.

c. Filter

Filter (saringan) berguna menyaring kotoran yang mungkin terbawa aliran bahan pendingin yang keluar setelah melakukan sirkulasi agar tidak masuk kedalam kompresor dan pipa kapiler. Selain itu , bahan pendingin yang akan disalurkan pada proses berikutnya lebih bersih sehingga dapat menyerap kalor lebih maksimal dan baik.

d. Evaporator

Evaporator berfungsi menyerap panas dari benda yang di masukkan kedalam kulkas, kemudian evaporator menguapkan bahan pendingin untuk melawan panas dan mendinginkannya. Sesuai fungsinya evaporator adalah alat pada sisitem penguap bahan

pendingin agar efektif dalam menyerap panas serta menguapkan bahan pendingin, evaporator di buat dari bahan logam anti karat, yaitu tembaga dan almunium yang baik digunakan sehingga kerja pada evaporator menjadi baik.

e. Thermostat

Thermostat memiliki banyak sebutan antara lain temperatur kontrol dan *cool control*. Apapun sebutannya, thermostat berfungsi mengotommatiskan kerja kompressor pada bagian kerja kulkas. Bisa dikatakan, thermostat adalah saklar otomatis berdasarkan pengaturan suhu pemanas. Jika suhu evaporator sesuai dengan pengatur suhu thermostat, secara otomatis thermostat akan memutuskan listrik ke kompresor hingga suhunya terjaga dengan baik.

f. Heater

Hampir keseluruhan kulkas not frost dan sebagian kecil kulkas defrost dilengkapi dengan pemanas (heater). Pemanas berfungsi mencairkan bunga es yang terdapat di evaporator pada saat waktu istirahat kulkas. Selain itu pemanas dapat juga mencegah terjadinya penggumpalan bunga es pada sistem bagian rak es dan rak penyimpanan buah di bagian bawah rak es.

g. Fan motor

Fan motor atau kipas angin berguna untuk menghembuskan angin pada kulkas dengan sistem mengalirkan. ada dua jenis fan :

- 1) Fan motor evaporator Berfungsi menghembuskan udara dingin dari evaporator keseluruh bagian rak(rak es,sayur ,dan buah).

- 2) Fan motor kondensor Kipas angin ini diletakkan pada bagian bawah kulkas yang memiliki kondensor yang berukuran kecil yang berfungsi mengisap atau mendorong udara melalui kondensor dan kompresor . selain itu berfungsi mengeluarkan panas pada kompresor.
- h. Overload motor protector Adalah komponen pengaman yang letaknya menyatu dengan terminal kompresor. Cara kerjanya serupa dengan sekering yang dapat memutuskan dan menyambung arus listrik. Alat ini dapat melindungi komponen listrik kulkas dari kerusakan arus akibat arus yang dihasilkan kompresor melebihi arus acuan normal.
- i. Bahan pendingin (Refrigerant) Refrigerant adalah sebuah zat yang mudah diubah kedalam wujudnya dari gas menjadi cair, ataupun sebaliknya. Jenis bahan pendingin sangat beragam. Setiap bahan pendingin memiliki jenis yang berbeda. (Kulkas, 2016)

2. Siklus Refrigerasi

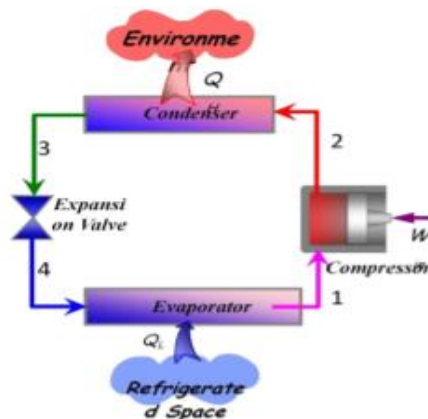
Dalam proses refrigerasi, refrigeran yang menjalankan fungsinya sebagai fluida kerja mengalami perubahan fasa yaitu dari fasa cair berubah menjadi fasa uap dan kembali menjadi fasa cair, sehingga merupakan suatu siklus aliran tertutup, kecuali sebagian pendingin yang menggunakan udara sebagai refrigerannya, yang mana refrigerannya tetap dalam keadaan fasa gas. Berikut ini ada beberapa siklus refrigerasi antara lain :

- a) Siklus kompresi uap (*Vapor Compression Refrigeration Cycle*).
- b) Refrigerasi Siklus refrigerasi pancaran uap (*Steam Jet Refrigeration Cycle*).

c) Refrigerasi siklus udara (*Air Refrigeration Cycle*).

d) Refrigerasi siklus penyerapan (*Absorbtion Refrigeration Cycle*).

Pada siklus refrigeran kompresi uap, kompresor mengompresikan refrigeran dalam siklus keadaan fasa uap jenuh sehingga temperature dan tekanan naik dan menjadi uap kering yang kemudian fasa embun menjadi fasa cair di dalam kondensor, kemudian tekanan dan temperaturnya di turunkan di katup ekspansi supaya temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan, dan pada saat di evaporator refrigeran mengalami evaporasi (penguapan) sambil menyerap panas dari objek di sekitar evaporator.



Gambar 2.2 Sistem Refrigerasi Kompresi uap.

Sumber : (Siregar & Pasaribu, 2015)

Menurut proses kerja sistem pendingin terdapat 2 buah siklus yang dinamakan siklus kompresi uap standart (Teoritis) dan siklus kompresi uap teoritis. Berikut penjelasan kedua siklus yang berada pada sistem refrigrasi:

1. Siklus Kompresi Uap Standar (Teoritis)

Siklus kompresi uap standart merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut :

a. Proses Kompresi (isentropic)

Titik 1-2 adalah Proses kompresi berlangsung. Pada siklus sederhana diasumsikan refrigeran tidak mengalami perubahan kondisi selama mengalir dalam jalur hisap. Proses kompresi diasumsikan isentropic sehingga pada diagram tekanan dan entalpi berada pada satu garis entropi konstan (stabil), dan titik 2 berada pada kondisi sangat panas (superheated). Proses kompresi memerlukan kerja dari luar dan entalpi uap naik dari h_1 ke h_2 , besarnya kenaikan ini sama dengan besarnya kerja kompresi yang dilakukan pada uap refrigerant. Dengan entalpi suhu yang keluar dikurangi entalpi suhu yang masuk.

b. Proses Kondensasi

Proses kondensasi pada titik 2-3 merupakan proses kondensasi yang terjadi pada kondensor, uap panas refrigerant dari kompresor didinginkan oleh air sampai pada temperature kondensasi, kemudian uap tersebut dikondensasikan. Pada titik 2 refrigeran pada kondisi uap jenuh pada temperature dan tekanan kondensasi. Proses 2-3 terjadi tekanan konstan dan jumlah panas yang di hitung selama proses ini adalah beda entalpi antara titik 2 dan 3.

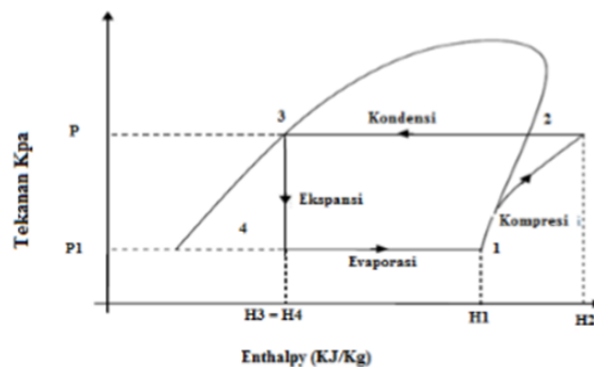
c. Proses Ekspansi

Pada titik 3-4 terjadi Proses ekspansi. Pada proses ini terjadi proses penurunan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi (titik 3) menjadi tekanan evaporasi (titik4). Pada waktu cairan di ekspansi melalui katup ekspansi atau pipa kapiler ke evaporator,

temperatur refrigeran juga turun dari temperatur kondensat ke temperatur evaporasi. Proses 3-4 merupakan proses ekspansi adiabatik dimana suhu entalpi fluida tidak berubah disepanjang proses berjalan. Refrigeran titik 4 berada pada campuran-uap.

d. Proses Evaporasi

Proses evaporasi berada pada titik 4-1 adalah proses penguapan yang terjadi pada evaporator dan berlangsung pada tekanan konstan. Pada titik 1 seluruh refrigeran berada pada kondisi uap jenuh. Selama proses 4-1 entalpi refrigeran naik akibat penyerapan kalori dari ruang refrigerasi. Besarnya kalor yang diserap adalah beda entalpi titik 1 dan titik 4 biasa disebut dengan efek pendinginan. Tekanan entalpi siklus kompresi uap standart ditunjukkan pada Gambar dibawah.



Gambar 2.3 Diagram tekanan enthalpy siklus kompresi uap standar

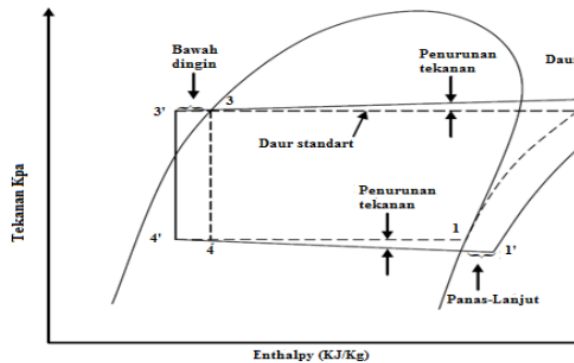
(Sumber: United Nations Environment Programme, 2006)

(Surabaya-, 2018)

2. Siklus Kompresi Uap Aktual

Siklus kompresi uap yang sebenarnya (aktual) berbeda dari siklus standar (teoritis). Perbedaan ini muncul karena asumsi-asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Dalam proses siklus yang terjadi Pada siklus aktual terjadi pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensor. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe alat ekspansi yang di gunakan atau dapat juga karena penyerapan panas dijalur masuk (suction) antara evaporator dan kompresor. Demikian juga pada refrigeran cair mengalami pendinginan lanjut atau bawah dingin sebelum masuk katup ekspansi atau pipa kapiler yang terjadi perubahan. Keadaan diatas adalah peristiwa yang normal dan melakukan fungsi yang diinginkan untuk menjamin bahwa seluruh refrigeran yang memasuki kompresor atau alat ekspansi dalam keadaan 100% uap atau cair. (Surabaya-, 2018)

Perbedaan yang penting antara daur nyata (aktual) dan standar terletak pada penurunan tekanan dalam kondensor dan evaporator. Daur standar dianggap tidak mengalami penurunan tekanan pada kondensor dan evaporator, tetapi pada daur nyata terjadi penurunan tekanan karena adanya gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa. Akibat penurunan tekanan ini, kompresor pada titik 1 dan 2 memerlukan lebih kerja dibandingkan dengan daur standar.



Gambar 2.4 Perbandingan siklus aktual dan siklus standart
(Sumber: United Nations Environment Programme, 2006)
(Surabaya-, 2018)

3. Refrigerant R134a, R290 dan R600a

Refrigeran adalah zat yang bertindak sebagai pendingin dengan serap panas dari zat/benda lain. Dalam siklus kompresi uap, refrigeran akan mengalami proses penguapan dan pendinginan secara terus menerus. Suatu zat dapat digunakan sebagai refrigeran apabila mempunyai termodinamika, sifat kimia, dan beberapa sifat fisik yang sesuai baik dipakai dan memiliki nilai harga ekonomis. (Kapiler & Muzakkir, 2013)

Refrigeran diklasifikasi ke dalam beberapa kelas berdasarkan jenis fluida yang di gunakan, yaitu : CFC(chlorodifluorocarbon), HFC (hydrofluorocarbon), HC(hydrocarbon), HCFC (hydrochlorofluorocarbon) serta Natural

Faktor kinerja refrigeran diukur pada keadaan kerja (beban pendinginan, temperatur kondensasi, temperatur evaporasi). Parameter berhubungan antara lain Daya kompresi, COP, efek refrigerasi, laju aliran uap refrigeran. (Dossat, 1961). Sifat refrigeran yang mempengaruhi COP antara lain kalor laten penguapan, jenis volume uap refrigeran,

perbandingan kompresi (*Kompression ratio*), dan panas jenis refrigeran pada keadaan cair dan gas. Kalor laten menghasilkan laju aliran massa refrigeran yang rendah dan penguapan yang tinggi. Hal ini membuat kapasitas kompressor dan efisiensi meningkat. (Dossat, 1961). Panas jenis refrigeran pada keadaan cair yang rendah dan pada keadaan gas tinggi merupakan kedua sifat yang dapat meningkatkan efek pendinginan. Panas jenis refrigeran pada keadaan cair meningkatkan efek pendinginan lanjut sedangkan panas jenis refrigeran pada keadaan gas menurunkan efek pemanasan lanjut. Beberapa refrigeran dapat memberikan rasio kompresi yang rendah, yang akan mengurangi kerja kompresi (Dossat, 1961) (Kapiler & Muzakkir, 2013).

a. Refrigerant R-134a

Refrigerant R – 134a adalah golongan dalam HFC (hydroflourocarbon) karena refrigerant ini tidak mengandung chlorine. Refrigerant R 134a memiliki lapisan ozon kecil jika dibandingkan dengan refrigerant yang tergolong dalam HCFC (Hydrochloroflourocarbon) dan yang tergolong dalam CFC (Chloroflourocarbon). R134a sebagai salah satu alternatif memiliki beberapa properti yang baik, tidak beracun, tidak mudah terbakar dan relatif stabil. R-134a juga memiliki kelemahan di antaranya, tidak bisa dijadikan pengganti R-12 secara langsung tanpa melakukan modifikasi sistem refrigerasi (drop in substitute), relatif mahal, dan masih memiliki potensi sebagai zat yang menyebabkan efek Global Warming Potential (GWP) yang signifikan. Selain itu R-134a sangat bergantung kepada

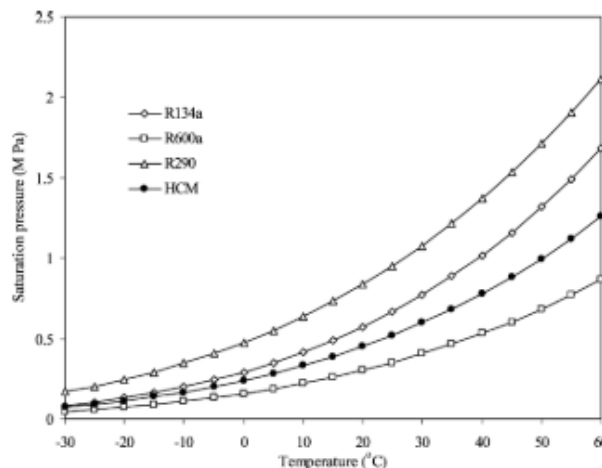
pelumas sintetik yang menyebabkan masalah dan sifatnya yang higroskopis. (Khambali et al., 2015)

Penelitian yang berkaitan dengan refrigerant R134a pada sistem refrigerasi otomotif zaman sekarang dengan cara mengevaluasi konsumsi daya, temperature kabin dan kinerja refrigerator pada beban dan putaran yang bervariasi menggunakan refrigeran Hydrofluorocarbon (HFC-R134a) yang dicampurkan dengan refrigerant hidrokarbon pada penelitiannya menunjukkan bahwa campuran kedua refrigerant tersebut memberikan kenaikan nilai COP dibandingkan menggunakan R134a dengan menganalisa dari segi konsumsi energy dan temperature. Kecepatan putaran kompresor berpengaruh besar terhadap konsumsi pada AC. Jika putaran kompresor naik maka temperature ruangan akan turun yang mengakibatkan COP turun. Dengan demikian konsumsi energinya mengalami peningkatan. (Khambali et al., 2015)

b. Refrigerant R-290 Dan R-600a

Di antara refrigeran alami, hidrokarbon seperti propana (R290) dan isobutene (R600a) telah diperhatikan dan terutama digunakan dalam kompresor dan sistem pendingin karena baik dan sifat termodinamika serta penerapannya digunakan dalam peralatan sistem. Biasanya, refrigerant 600a banyak digunakan di lemari es domestik di banyak negara. Oleh karena itu, penerapan dan potensi manfaat R600a sebagai alternative refrigeran sintetis dalam lemari es domestik telah

diselidiki selama bertahun-tahun karena sifat fisik yang baik (Lee dan Su, 2002; Gigiel, 2004; Joybari et al., 2013; Bhatkar, 2013).



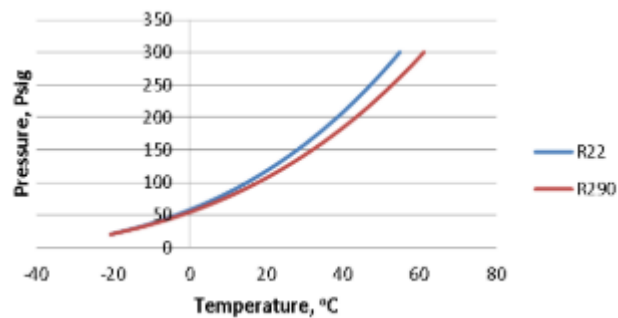
Gambar 2.5 Perbandingan Tekanan dengan suhu R134a, R600, R290.
Sumber: (Mohanraj et al., 2009)

Refrigerant 600a dapat di terima dan dianggap sebagai refrigerant dengan dampak lingkungan dan penggunaannya sebagai yang terbanyak refrigeran alternatif yang sesuai di lemari es domestik telah diakui hingga sekarang. Untuk lebih meningkatkan efisiensi energi dari kulkas-freezer rumah tangga, ada juga penelitian dan pengembangan yang signifikan dalam penggunaan lemari es R290 / R600a campuran selama beberapa tahun terakhir. Lee et al. (2008) mempelajari kapasitas lemari es berkapasitas kecil dalam penggunaan R290 / R600a yang didinginkan dan menunjukkan bahwa sistem R290 / R600a yang dioptimalkan menawarkan kinerja bagus yang unggul dibandingkan sistem R134a.

Mohanraj et al. (2009) mempresentasikan penelitian eksperimental pada kinerja kulkas rumah tangga dengan campuran

R290 / R600a di bawah berbeda suhu sekitar. Dalkilik dan Wongwises (2010) dalam sistem pendingin kompresi-uap pada sistem tradisional dan selanjutnya menunjukkan R290 / R600a adalah alternatif yang paling cocok untuk menggantikan R12 (Yan et al., 2015)

Sifat ODP dan GWP sebagai zat alami R290 yang dapat diabaikan sehingga tidak membahayakan lingkungan. Bahkan R290 memiliki sifat termodinamika dan sifat laju yang baik. Telah dilakukan penelitian bahwa R290 memberikan kinerja yang setara bahkan lebih baik dibanding R22 bila diberikan desain yang tepat. Selain itu memiliki sifat kompatibel dengan bahan pelumas dan material yang biasa digunakan pada sistem HVAC pada R290. (Mustaqim et al., 2019)



Gambar 2.6 Grafik hubungan antara temperatur jenuh dan tekanan jenuh R22 dan R290 dengan software REFPROP.

Satu-satunya masalah yang dimiliki R290 adalah sifatnya yang berbahaya jika tidak ditangani dengan baik. Kesadaran terhadap lingkungan di masyarakat mengungkapkan bahwa R290 dipandang

masyarakat sebagai refrigerant yang potensial menggantikan R22.
(Mustaqim et al., 2019)

4. Analisis kerusakan *Exergy*

Kerusakan *Eksergi* adalah sifat dari keadaan aliran dan keadaan lingkungan. Jika suatu sistem berada dalam kesetimbangan dengan lingkungannya, maka sistem tersebut tidak mungkin lagi untuk menggunakan energi dalam sistem tersebut untuk menghasilkan kerja. Pada kondisi ini, kerusakan *Eksergi* dari suatu sistem hilang. Jika energi ukuran kuantitas, maka eksergi adalah ukuran kuantitas sekaligus kualitas. *Eksergi* dapat berpindah melintasi batas sistem.

Sedangkan *energi* didefinisikan suatu gerak atau kemampuan untuk menimbulkan gerakan dan bersifat kekal didalam suatu proses (pada Hukum I Termodinamika). Hukum I Termodinamika menyatakan bahwa energy tidak dapat dimusnahkan dan tidak dapat di ciptakan. *Energi* tersedia dalam beberapa bentuk yang berbeda dan dapat dikonversikan dari suatu bentuk ke bentuk lainnya.

Definisi yang lain, kerusakan *eksergi* didefinisikan sebagai kerja atau kemampuan yang hilang dan selalu bersifat kekal dalam proses reversibel namun akan mengalami kehilangan energy/kerusakan energy suatu proses *irreversible* (memenuhi Hukum II Termodinamika). Hukum II Termodinamika menyatakan bahwa pengkonversian energi hanya dimungkinkan jika total entropi bertambah. Dengan menerapkan analisis *eksergi*, energi dan entropi dapat dikaji. Kualitas energi digambarkan

dengan konsep *entropi* (entropi tinggi berarti kualitas energi akan rendah) begitupun sebaliknya. (Anwar et al., 2013).

Hukum II termodinamika mengatakan tidak mungkin ada sebuah proses yang hasilnya hanya menyerap panas dari reservoir pada satu suhu dan mengubah seluruh panas ini menjadi usaha mekanik.

a. *Temperature* (T)

Temperature merupakan suatu besaran suatu derajat panas. Thermometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur suatu suhu. Temperature dinyatakan dalam satuan celcius ($^{\circ}\text{C}$), kelvin ($^{\circ}\text{K}$) ataupun fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) (Illah, 2016).

b. *Pressure* (P)

Pressure merupakan gaya yang menekan fluida per satuan luas area.

Pada fluida atau gas terdapat 3 macam tekanan yaitu:

- 1) Tekanan atmosfer merupakan tekanan yang bergantung pada posisi ketinggian, temperatur, kelembapan udara dan faktor lainnya. (Illah, 2016).
- 2) Tekanan gauge merupakan tekanan relatif atau tekanan suatu fluida yang ditunjukkan oleh alat ukur temperature gauge.
- 3) Tekanan absolut merupakan tekanan total atau tekanan pada fluida sebenarnya. Dengan kata lain tekanan absolut adalah jumlah antara hasil tekanan atmosfer dan hasil tekanan gauge (Illah, 2016).

c. *Entropi (S)* Entropi adalah sebuah besaran termodinamika yang berfungsi untuk menyatakan banyaknya entropi pada energi yang tidak dapat digunakan untuk melakukan usaha. (Illah, 2016).

d. *Entalpi (h)*

Entalpi adalah istilah dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energy yang dimiliki oleh suatu zat. Sama halnya dengan energi dalam(U). (Illah, 2016).

e. Keseimbangan *exergy*

Keseimbangan *Exergy* merupakan energi yang dapat dimanfaatkan (*available energy*) atau ukuran ketersediaan energi untuk melakukan kerja yang dapat diperoleh hingga sistem tersebut mencapai keseimbangan lingkungannya dengan temperature (Moran dan Saphiro, 2006). Oleh karena itu mengetahui seberapa besar perbedaan antara sistem dari lingkungannya, jadi *exergy* merupakan suatu sifat dari sistem dan lingkungannya. Metode analisis *exergy* dapat menunjukkan kualitas dan kuantitas kerugian panas serta lokasi pemusnahan *exergy* tersebut. Sebagian besar kasus ketidaksempurnaan termodinamika tidak dapat dideteksi dengan analisis *energi*. Dapat formulasikan dalam persamaan fungsi *exergy* baik untuk sistem terbuka maupun sistem tertutup. Persamaan kerja aktual dan kerja reversible. Sampai saat ini dianggap penting untuk menentukan kerja potensial dari sebuah sistem menuju keadaan menuju keseimbangan dengan lingkungan (Faradis, 2014).

Model analisis kerusakan *energi* Untuk menyelidiki *irreversibilitas* sistem *MVRC*, *Exergy* model analisis disajikan berdasarkan hukum kedua termodinamika untuk mengungkapkan perbaikan termodinamika potensial.

Untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_c = h_2 - h_1 \quad \dots\dots\dots 2.1$$

$$\text{Daya actual} = V \cdot I \cdot \text{Pf}(\cos \theta) \quad \dots\dots\dots 2.2$$

$$\text{Jadi, } \dot{m} = \frac{\text{Daya actual}}{W_c} \quad \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

W_c = Kerja kompressor

h_2 = enthalpy keluar

h_1 = entalphy masuk

V = Voltase

I = arus

$\text{Pf} = \text{Power Fector} / \cos \theta$

Rumus perhitungan *Exergy* sebagai berikut :

$$\dot{E}x = \dot{m}[(h - h_o) - T_o(s - s_o)] \quad \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

$\dot{E}x$ = Exergy cairan (kJ/s)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

T_o = Temperatur lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

s = Entrophie pada state (kJ/kg K)

h = Enthalphy pada state (kJ/kg)

Exergy di sistem Kompresor, sebagai berikut :

$$\dot{E}x_{d,com} = \dot{m}[(h_2 - h_1) - T_o(s_2 - s_1) + w_c] = \dot{m} \cdot T_o (s_2 - s_1) \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{d,com}$ = Tingkat Exergy di kompresor (kJ/s)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

h_1 = Enthalphy pada titik in (kJ/kg)

h_2 = Enthalphy pada titik out (kJ/kg)

T_o = Temperatur lingkungan (°C)

s_1 = Entrophie pada titik in (kJ/kg K)

s_2 = Entrophie pada titik out (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

Exergy di sistem Kondensor, sebagai berikut :

$$\dot{E}x_{d,con} = \dot{m}[(h_4 - h_3) - T_o(s_4 - s_3)] \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{d,con}$ = Exergy di kondensor (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

h_4 = Enthalphy pada titik out (kJ/kg)

h_3 = Enthalphy pada titik in (kJ/kg)

T_o = Temperatur lingkungan (°C)

s_4 = Entrophie pada titik out (kJ/kg K)

s_3 = Entrophie pada titik in (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

Exergy di pipa kapiler, sebagai berikut :

$$\dot{E}x_{d, \text{cap}} = \dot{m}[(h_6 - h_5) - T_o(s_6 - s_5)] \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{d, \text{cap}}$ = Tingkat Exergy di pipa kapiler (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

$h_6 = h_5$ (kJ/kg) (Proses isentalpis)

T_o = Temperatur lingkungan (°C)

s_5 = Entropi pada titik in (kJ/kg K)

s_6 = Entropi pada titik out (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

Exergy di Evaporator, sebagai berikut :

$$\dot{E}x_{d, \text{eva}} = \dot{m}[(h_8 - h_7) - T_o(s_8 - s_7)] \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{d, \text{eva}}$ = Tingkat Exergy di Evaporator (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

h_7 = Enthalpy pada titik in (kJ/kg)

h_8 = Enthalpy pada titik out (kJ/kg)

T_o = Temperatur lingkungan (°C)

s_7 = Entropi pada titik in (kJ/kg K)

s_8 = Entropi pada titik out (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

kerusakan *Eksergi* total dapat diperoleh :

$$\dot{E}x_{d, \text{tot}} = \dot{E}x_{d, \text{com}} + \dot{E}x_{d, \text{con}} + \dot{E}x_{d, \text{cap}} + \dot{E}x_{d, \text{eva}} \dots\dots\dots 2.9$$

Efisiensi *Eksergi* total dari semua sistem :

$$\eta_{\text{ex}} = 1 - \frac{\dot{E}x_{\text{d,tot}}}{W_c} \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{\text{d,tot}}$ = Tingkat *Exergy* Total

$\dot{E}x_{\text{d,com}}$ = Tingkat *Exergy* di Kompresor

$\dot{E}x_{\text{d,con}}$ = Tingkat *Exergy* di Condensor

$\dot{E}x_{\text{d,cap}}$ = Tingkat *Exergy* di Pipa kapiler

$\dot{E}x_{\text{d,eva}}$ = Tingkat *Exergy* di Evaporator

η = Efisiensi *Exergy*

W_c = Kerja kompresor

Sumber : (Chen et al., 2016)

B. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Khairil Anwar, dll. Dari hasil penelitian yang dilakukan adalah dengan analisis kerusakan *eksergi* ditujukan untuk mengatasi keterbatasan hukum pertama termodinamika dalam penyelesaian analisis kesetimbangan *energi*, di mana menggunakan konsep *eksergi* didasarkan pada hukum pertama dan kedua termodinamika. (Anwar et al., 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh P. Chen, J. Yu, G. Yan, Hasil penelitian yang dilakukan adalah Metode analisis *energi* dan eksergetik diperkenalkan untuk mengevaluasi secara teoritis kinerja sistem operasi, dan dibandingkan dengan kinerja tradisional siklus pendinginan kompresi uap (TVRC). Hasilnya menunjukkan bahwa MVRC menghasilkan koefisien kinerja pendinginan

(COP) yang lebih tinggi, pendinginan volumetric kapasitas dan efisiensi eksergi daripada TVRC. (Chen et al., 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh Imam Faozan Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta. Tentang Analisis Perbandingan Evaporator Kulkas (Lemari Es) Dengan Menggunakan Refrigerant R-22 dan R-134a. Hasil tulisan ini bertujuan untuk mengetahui komponen mesin refrigerasi khususnya pembahasan evaporator. Dalam penelitian ini digunakan lemari pendingin (kulkas) sederhana untuk pengawetan dan pendinginan bahan makanan dalam rumah tangga. (Faozan, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Mohammad Arfan Muzakkir & Rifky, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jakarta. Tentang Perbandingan Koefisien Prestasi (CoP) pada Refrigerator dengan Refrigeran CFC R12 dan HC R134a untuk Panjang Pipa Kapiler yang Berbeda. Pada penelitian ini, dilakukan penggantian refrigeran CFC R12 ke HC MC134a pada refrigerator satu pintu dan mengganti ukuran panjang pipa kapiler dengan ukuran 1.75m, 2.00m, 2.25m sebagai acuan dasar perbandingan (Kapiler & Muzakkir, 2013)

Penelitian yang dilakukan oleh Khambali, Sadar Wahjudi, Agus Harijono, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang. Tentang Analisis Kinerja Refrigerator Dengan Kompresor 1 HP Memakai Refrigeran R134a. Penelitian ini dilakukan dengan menguji kinerja kuantitas pengisian refrigeran R134a yang berfungsi sebagai variabel independen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah isian refrigeran R134a berpengaruh pada nilai

COP. Penambahan jumlah refrigeran R134a disikan berpengaruh pada peningkatan nilai COP hingga isian refrigeran optimal. (Khambali et al., 2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Yudi Susanto. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang Tentang Konsep Termodinamika Pada Mesin Pendingin (kulkas). Penelitian ini dilakukan dengan menguji termodinamika yang di teliti pada kulkas.(Kulkas, 2016)

Penelitian yang dilakukan oleh M. Mohanraj, S. Jayaraj, C. Muraleedharan. Tentang Experimental investigation of R290/R600a mixture as an alternative to R134a in a domestic refrigerator. Hasil Penelitian ini, menganalisis hasil pencampuran R290/600a (terdiri dari R290 dan R600a dalam perbandingan 45,2: 54,8 berat) (Mohanraj et al., 2009)

Penelitian yang dilakukan oleh Mustaqim, Ahmad Farid, Hadi Wibowo. Universitas Pancasakti Tegal, Jl. Halmahera km.1 Tegal <http://upstegal.ac.id/>. Tentang Variasi Tekanan Kerja Suction Compressor Terhadap Kinerja Ac Split dengan R290. Hasil Penelitian ini menguji R290 pada AC split 1 PK basis R22 dengan memberikan variasi tekanan kerja pada suction kompresor berturut-turut sebesar 60 psi, 70 psi dan 80 psi. Pengamatan Pada masing-masing tekanan kerja suction kompresor yang diberikan diamati pengaruhnya terhadap kapasitas pendinginan, kerja kompresor dan COP. (Mustaqim et al., 2019)

Penelitian yang dilakukan Triaji Pangripto Pramudantoro, Sumeru Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung. Hasil penelitian yang dilakukan adalah R22d apat menghasilkan kinerja yang

optimal pada mesin refrigerasi. Namun, pada Refrigeran memiliki kekurangan R22 adalah dari sisi lingkungan, karena masih memiliki nilai ODP (ozone depletion potential) dan GWP (global warming potential) yang masih relatif tinggi. Sehingga penggunaan R22 sebagai fluida kerja harus dihentikan lebih ramah lingkungan. Salah satu refrigeran pengganti R22 adalah R290. Refrigeran R290 memiliki nilai ODP nol dan nilai GWP yang sangat kecil. (Pramudantoro, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Somchai Wongwises, Studi eksperimental untuk mengganti campuran hidrokarbon HFC-134a. Mekanika Fluida, Rekayasa Termal dan Laboratorium Penelitian Multi Fase Aliran. Departemen Teknik Mesin, Universitas Teknologi Raja Mongkut Thonburi, 91, Prachauti Road, Bangmod, Bangkok 10140, Thailand. Hasil penelitian yang dilakukan adalah. Hidrokarbon yang diselidiki adalah propana (R290), butana (R600) dan isobutane (R600a). Dengan meneliti campuran pengganti R134a dengan perbandingan 60% & 40%. Hasilnya menunjukkan bahwa propana / butana 60% / 40% adalah yang paling tepat refrigeran alternatif untuk HFC-134a. (Wongwises & Chimres, 2005)..

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian pada penelitian ini merupakan metode eksperimen, Yang mana penelitian ini akan terpusat pada penelitian secara langsung melalui tahapan pengambilan data yang akan diolah menjadi sebuah metode penelitian eksperimen dengan pengambilan data operasional di *climatic chamber room*. Climatic chamber room merupakan suatu ruang iklim pengkondisian udara.

Pengambilan data pada setiap unit system kulkas (kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator) yang dipasang sensor pengukur suhu dan daya yang nantinya akan masuk ke software data logger. Setelah itu data dari Data logger yang berupa data suhu & daya yang di analisa tiap menit.

Jadi dalam penerapannya, penulis akan melakukan eksperimen melalui penggantian refrigerant R-134a yang akan digantikan oleh R290/600a dengan perbandingan massa 50 : 50 sebesar 62,4 gr. Perbandingan tersebut di analisa dari segi pencampurannya dan metode yang digunakan yaitu dengan metode pencampuran kaleng dan pencampuran langsung, untuk mengetahui nilai *exergy* sistemnya. Hasil perbandingan refrigerant propane (R-290) dan isobutana (R-600a) yang nantinya akan di hasilkan baik atau tidaknya untuk menggantikan R-134a. Setelah itu dapat disimpulkan apakah tingkat *exergy* system ini baik digunakan ataukah tidak baik digunakan untuk perkembangan lebih lanjut.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

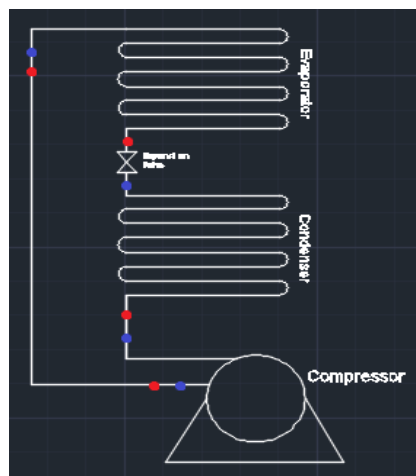
Penelitian ini akan di lakukan pada :

Tempat : Universitas Pancasakti Tegal

Waktu : September – Maret

C. Instrumen Penelitian dan Desain Pengujian

Intrumen penelitian dan Desain pengujian yang peneliti gunakan merupakan sebuah rencana yang digunakan untuk menentukan pengujian di titik mana saja di gunakan peneliti yang akan diteliti. Seperti gambar 3.1 tertera bagian dari sistem refrigerasi, yang mana sistem pada gambar tersebut akan di teliti suhu dan tekanan yang masuk dan keluar melalui tiap sistem.



Gambar 3.1 Skema Pengambilan data.

Keterangan gambar :

Warna merah dan biru merupakan suction & discharge

Pengambilan data temperature di setiap titik masuk dan titik keluar di tiap komponen (state).

D. Alat dan Bahan

Untuk mendukung proses penelitian yang akan di teliti, peneliti memerlukan beberapa alat dan bahan antara lain :

1. Alat

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Climatic chamber room

Climatic chamber room merupakan suatu ruangan penkondisian udara yang di fungsikan untuk menstabilkan temperature dalam penelitian.



Gambar 3.2 Climatic chamber room

b. Kulkas

Kulkas merupakan alat utama yang akan digunakan peneliti melakukan penelitian.



Gambar 3.3 Kulkas

c. Sensor Ds 18b20 (Sensor temperatur)

Sensor Ds 18b20 merupakan suatu alat yang digunakan sebagai transfer suhu dari kulkas yang nantinya masuk ke dalam sistem data logger dan berupa sebuah digit angka.



Gambar 3.4 Sensor Ds 18b20

d. Pressure gauge (Pengukur Tekanan)

Pressure gauge merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengetahui Tekanan yang di peroleh dari suatu sistem.



Gambar 3.5 Pressure Gauge

e. Tap valve Refrigerant

Tap valve Refrigerant merupakan suatu alat yang digunakan untuk membuka penutup aliran refrigerant, terdapat dua lubang yang nantinya refrigerant akan mengalir dari pompa vacuum ke kompresor.



Gambar 3.6 Tap valve Refrigerant

f. Pompa vacuum

Pompa vacuum merupakan alat yang dapat mengisi ataupun membuang refrigerant yang ada pada kompresor, Cara kerjanya apabila akan mengisi refrigerant kondisi kompresor kulkas dalam kondisi menyala, dan sebaliknya apabila akan membuang refrigerant dengan mematikan kompresor kulkas.



Gambar 3.7 Pompa Vacum

g. Pengukur suhu ruangan

Pengukur suhu ruangan merupakan alat ukur yang fungsinya untuk mengetahui suhu sekitar ruangan.



Gambar 3.8 Pengukur suhu ruang.

h. Data logger

Data logger merupakan alat pengubah yang dapat mentransfer bentuk suhu ke bentuk digit/angka yang masuk ke laptop/pc.



Gambar 3.9 Data Logger.

i. Kipas/fan

Kipas berfungsi untuk mendorong udara panas yang ada pada heater yang fungsinya ketika suhu di dalam ruangan climatic chamber suhunya berubah/ turun, maka heater dan kipas akan menyala untuk menstabilkan.



Gambar 3.10 Kipas/fan

j. Heater (Pemanas)

Heater (Pemanas) merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur dan menjaga suhu disekitar ruangan. Dengan cara memanaskan suhu disekitar dengan menyalakan heater ketika suhu rendah.



Gambar 3.11 Heater (Pemanas)

k. Timbangan Freon

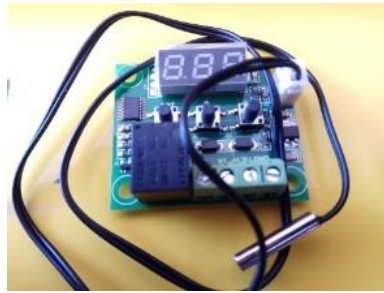
Timbangan Freon merupakan suatu alat ukur untuk mndeteksi berat dari isi suatu Freon.



Gambar 3.12 Timbangan Freon

l. Arduino

Arduino merupakan software pengendali mikro berupa pengolah data yang bertujuan memudahkan pengguna rekayasa elektronik untuk berbagai bidang.



Gambar 3.13 Arduino

2. Bahan

Bahan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Refrigerant - 134a

R-134a merupakan refrigerant basic yang akan digunakan sebagai bahan uji coba perbandingan dari refrigerant yang akan digantikan yaitu R290/600a.



Gambar 3.14 Refrigerant -134a

2. Refrigerant - 290

R-290 (Propana) merupakan Hydrocarbon alami yang akan digunakan sebagai campuran penelitian pengganti R-134a.



Gambar 3.15 Refrigerant -290

3. Refrigerant - 600a

R-600a (Isobutana) merupakan Hydrocarbon alami yang akan digunakan sebagai campuran penelitian pengganti R-134a.



Gambar 3.16 Refrigerant - 600a

E. Prosedur Penelitian

Untuk melaksanakan penelitian, langkah utama yang dilakukan peneliti yaitu menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan. Setelah semua alat dan bahan yang akan digunakan telah disiapkan, langkah selanjutnya dimulai dengan :

1. Setup kulkas

Menggunakan kulkas dua pintu Toshiba GR-C259, dengan mengecek kondisi kulkas dalam keadaan baik saja. Dengan cara taruh air hingga berubah menjadi batu es.

2. Setting up Kompresor.

Setting up Kompresor yaitu mengecek keadaan kompresor apakah mengalami kebocoran atau tidak. Cara mengecek kebocoran pada kompresor yaitu dengan mengisi kompresor dengan refrigerant, Jika pressure gauge mengalami kenaikan tekanan berarti refrigerant telah terisi, tunggu sejenak apabila tekanan dalam pressure gauge berkurang dengan cepat maka dapat di katakan adanya kebocoran pada pipa sambungan kompresor.

Test kebocoran sangat penting, karena kompresor merupakan bagian yang vital dalam sistem refrigrasi. Setelah kompresor tidak ada kendala kebocoran pada sambungan, langkah selanjutnya mengisi kompresor dengan refrigerant R134a sebagai basic refrigerant yang akan diteliti.

3. Setting up alat ukur

Setting up alat ukur dengan memasang alat ukur yang di butuhkan sebagai pendukung dalam penelitian. Adapun penempatan alat ukur yang akan di setting antara lain :

a) Alat ukur Tekanan (Pressure gauge)

Alat ukur Tekanan untuk menganalisa tekanan tinggi dan rendah yang sedang di proses oleh refrigerant melalui kompresor. Alat ukur suhu ruangan

b) Alat ukur suhu ruangan

Alat ukur suhu ruangan adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi nilai suhu yang terdapat pada suatu ruangan. Yang fungsinya untuk memvisualkan suhu yang terdeteksi. Suhu ideal

yang digunakan berkisar antara 31-32°C sesuai standart SNI Indonesia.

c) Alat ukur sistem data logger

Alat ukur sistem data logger merupakan alat ukur yang berguna mencatat suhu per-sekian menit, yang berupa data suhu selama proses penelitian berlangsung. Data logger ini akan terhubung antara laptop dengan sistem refrigerasi melalui kabel thermokopel Type T. jadi pada setiap menit akan otomatis tercatat berapa suhu yang dihasilkan

4. Sebelum memulai experiment langkah pertama yang dilakukan adalah membuang basic refrigerant R134a dengan bantuan alat vakum agar lebih baik tingkat hisapnya. Vakum selama 40 menit lebih agar hasil vakum maksimal.
5. Siapkan kaleng kosong untuk pencampuran R290 & 600a. sebelum mencampur kedalam kaleng baiknya vakum dahulu kaleng yang akan menjadi tempat pencampuran.
6. Siapkan pencampuran yang akan digunakan dengan menganalisa perhitunga refrigerant perbandingan 50 : 50 dengan menggunakan reprof untuk mencari komposisi yang tepat untuk dipakai.

Pencampuran perbandingan 50 : 50 sebagai berikut :

- a) Kulkas dengan Basic R134a menampung 130gr ferfigerant.
- b) Cari refrigerant 134a pada reprof dengan mencari tekanan 50 untuk perbandingan 50 : 50 pada reprof yaitu menghasilkan vapour density 1,0548 kg/kj

Tabel 3.1 Tabel Refrigerant R134a

		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
Temperature	Pressure	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy	Entropy	Entropy
(°C)	(psia)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
4,0152	49	79,995	1,0344	88,372	172,48	0,43862	0,74209
4,593	50	79,873	1,0548	88,709	172,63	0,43983	0,74197
5,162	51	79,753	1,0753	89,042	172,77	0,44102	0,74185

Sumber : Refprop

- c) Setelah di ketahui vapour density dari R134a selanjutnya mencari perbandingan campuran dari R290 & 600a yaitu menghasilkan vapour density 0,50375 kg/kj

Tabel 3.2 Refrigerant blend R290/600a dengan massa 64,2gr

		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
Temperature	Pressure	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy	Entropy	Entropy
(°C)	(psia)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
8,5151	49	34,543	0,49413	86,836	248,55	0,43309	1,0154
9,1521	50	34,492	0,50375	87,505	248,9	0,43551	1,0153
9,7796	51	34,442	0,51338	88,166	249,23	0,43789	1,0152

Sumber : Refprop

- d) Setelah diketahui vapour density dari R290a dan 600a langkah selanjutnya perhitungan sebagai berikut :

$$= 0,50375 : 1,0548$$

$$= 0,48$$

$$\text{Jadi } 130\text{gr} \times 0,48 = 62,4 \text{ gr}$$

$$62,4 \text{ gr} : 2 \text{ adalah } 31,2$$

Keterangan :

- 130gr adalah kapasitas refrigerant kulkas.
- 31,2 adalah pengisian masing-masing campuran R290 dan R600a

7. Pengisian dengan menggunakan dua metode yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Sebagai berikut :

a. Pengisian secara langsung

Pengisian secara langsung merupakan pengisian langsung ke dalam unit kompresor dengan masing-masing refrigerant R290/600a dengan perbandingan 31,2 gr

Dengan cara sebelum pengisian refrigerant sebagai berikut :

1) Vakum kompresor

Vacuum compressor dengan menggunakan vakum dengan durasi vakum kurang lebih 50-60 menit. Dengan mengetahui pada saat pemvakuman suara vakum lebih halus ketika pertama di vakum.



Gambar. 3.17 Pemvakuman

2) Setelah proses vakum selesai, langkah selanjutnya proses pengisian secara langsung dengan perbandingan campuran R290 sebanyak 31,2 gr dan R600a sebanyak 31,2gr.



Gambar 3.18 Proses pengisian R290/600a secara langsung.

b. Pengisian tidak langsung.

Pengisian tidak langsung dengan menggunakan kaleng merupakan pengisian yang cara pengisiannya dengan metode pencampuran melalui media kaleng.

Dengan cara sebagai berikut :

1) Pencampuran pada kaleng kosong.

Siapkan high pressure, pasang selang kuning pada kaleng kosong dan selang biru masuk ke refrigerant yang akan di isikan, letakan kaleng kosong di atas alat ukur (timbangan freon) letakan kaleng kosong serta bak penampung di atas timbangan. Isi bak penampung dengan menggunakan air dingin yang bertujuan supaya refrigerant dapat mengalir kedalam kaleng. Lakukan proses pencampuran dengan komposisi 31,2gr pada kedua refrigerant R290 & 600a.



Gambar 3.19 Proses pencampuran R290/600a tidak langsung

2) Proses pengisian pada kompresor

Setelah refrigerant selesai tercampur pada kaleng selanjutnya isi campuran refrigerant tersebut kedalam kompresor, dengan cara kaleng di hangatkan supaya refrigerant dapat masuk kedalam kompressor.



Gambar 3.20 Proses pengisian R290/600a tidak langsung

c. Pengisian R134

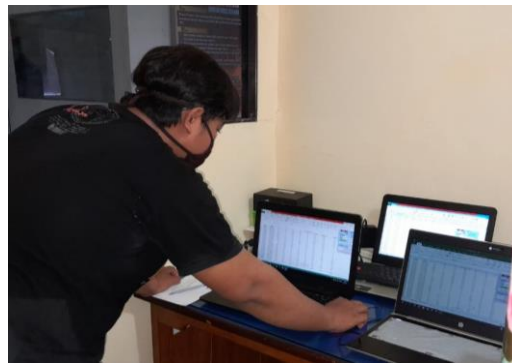
Seperti halnya pengisian pada refrigerant campuran R290/600a tidak berbeda akan tetapi dengan pengisian langsung tanpa perpindahan ke kaleng kosong, dengan komposisi pengisian 130gr sesuai spesifikasi yang tertera pada kulkas.



Gambar 3.21 Proses pengisian R134a.

8. Analisa data

Setelah semua alat dan bahan telah selesai di setting mulailah menganalisa data menggunakan software data logger. Dengan durasi waktu analisa dimulai pukul 09.00 sampai dengan 15.00 dari kondisi belum steady sampai dengan kondisi steady.

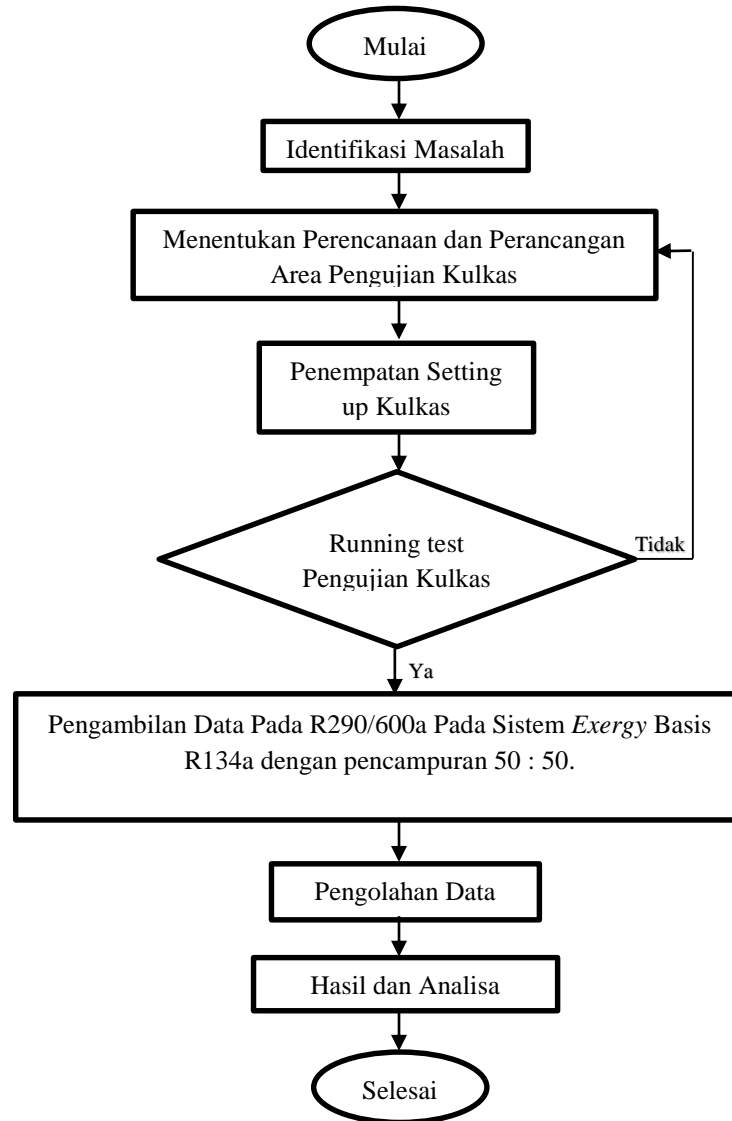


Gambar 3.22 Analisa data

9. Selanjutnya proses pengolahan data. Pengolahan data dengan melakukan perhitungan rumus *Exergy* di setiap komponen antara lain kompresor, kondensor, katup ekspansi, evaporator. Rumus yang digunakan untuk mengolah data telah terlampir pada bab 2 bagian Analisis Exergy Sistem. Adapun dalam proses pengolahan data dapat menggunakan aplikasi *Refprop* sebagai rujukan dalam mengidentifikasi sifat termodinamiknya.

Setelah semua proses dilakukan dari setting up sampai dengan pengolahan data, Peneliti dapat menyimpulkan efisiensi campuran mana yang bagus digunakan untuk campuran R-290/600a yang baik di gunakan untuk menggantikan R134a.

F. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.23 Diagram alir penelitian

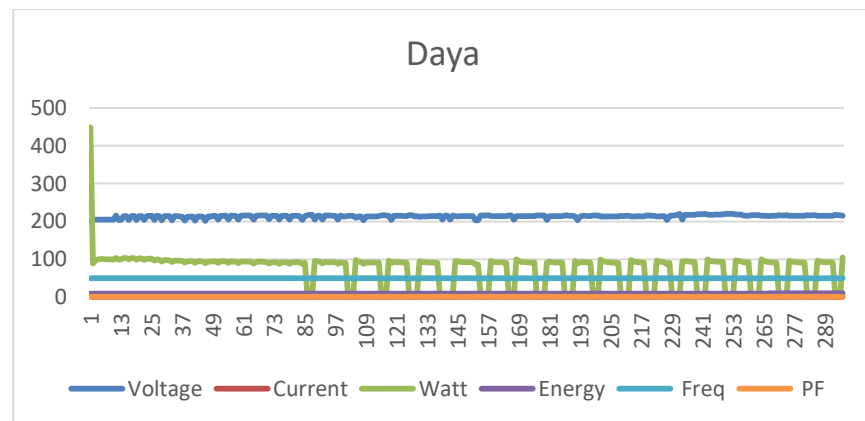
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan angka dalam tabel yang direkam dengan menggunakan data logger berupa software pengukur suhu dan temperature serta gambar, dan foto data yang di hasilkan melalui beberapa unit system pada kulkas yaitu kompressor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Setelah semua data dari ke empat komponen telah di peroleh, selanjutnya di olah untuk mendapatkan hasil untuk menentukan suatu perhitungan kemudian akan dihasilkan efisiensi dari hasil *Exergy* tersebut.

Sebelum input data, carilah kondisi dimana grafik berada pada kondisi stady.



Gambar 4.1 Grafik Daya

Untuk menyelesaikan perhitungan *Exergy* dibutuhkan data berupa Temperature, Pressure, Temperature Room, W_c , Enthalpy, dan Entropy

1. Data Refrigerant R134a.

Tabel 4.1 Data temperature & tekanan Refrigerant R134a

press		temperature								
low	high	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	to
18	165	-9,25	90	90	38,25	38,25	-10,75	-10,75	-9,25	32,5
16	160	-6,25	95	95	38,25	38,25	-11	-11	-6,25	32,5
15	165	-6,5	95,25	95,25	39	39	-12,75	-12,75	-6,5	32,5
14	150	-3,5	95,5	95,5	40	40	-13,75	-13,75	-3,5	32,5
13	150	-3	95,5	95,5	40,75	40,75	-14,5	-14,5	-3	32,75
13	150	-2,75	95,5	95,5	41,25	41,25	-14,75	-14,75	-2,75	32,75
13	165	-3,5	100	100	41,5	41,5	-14,75	-14,75	-3,5	32,75
13	150	-3	100	100	41,75	41,75	-11,25	-11,25	-3	32,75
13	155	-2,75	100	100	41,75	41,75	-11,5	-11,5	-2,75	32,75
13	155	-4,5	100	100	41,5	41,5	-11,75	-11,75	-4,5	32,75
13	160	-3,75	100	100	39,5	39,5	-11	-11	-3,75	32,5
13	160	-2,75	105,5	105,5	38	38	-12,75	-12,75	-2,75	32,5
12	160	-4,5	105,5	105,5	37,25	37,25	-13,75	-13,75	-4,5	32,25
15	165	-3,75	105,5	105,5	38	38	-14,5	-14,5	-3,75	32,5
17	165	-2,75	105,5	105,5	39	39	-14,75	-14,75	-2,75	32,5
20	120	-4,5	105,5	105,5	40,25	40,25	-14,75	-14,75	-4,5	32,5
22	80	-3,75	110	110	40,75	40,75	-8,75	-8,75	-3,75	32,5
28	165	-2,75	110	110	41,25	41,25	-10	-10	-2,75	32,75
18	160	-4,5	110	110	41,5	41,5	-10,75	-10,75	-4,5	32,75

16	165	-3,75	110	110	41,75	41,75	-11,25	-11,25	-3,75	32,75
15	150	-2,75	110	110	41,75	41,75	-11,75	-11,75	-2,75	32,75
14	150	-3,75	110,5	110,5	41,75	41,75	-12	-12	-3,75	32,75
13	165	-2,75	110,5	110,5	40,25	40,25	-12,25	-12,25	-2,75	32,75
13	165	-3,75	110,5	110,5	38,5	38,5	-11	-11	-3,75	32,5
13	120	-2,75	110,25	110,25	38,25	38,25	-12,75	-12,75	-2,75	32,5
13	110	-4,5	110,25	110,25	39,25	39,25	-13,75	-13,75	-4,5	32,75
13	110	-4,5	110,25	110,25	40,25	40,25	-14,5	-14,5	-4,5	32,25
13	120	-3,75	120	120	40,75	40,75	-14,75	-14,75	-3,75	32
13	120	-2,75	120	120	41,25	41,25	-14,75	-14,75	-2,75	31,75
12	120	-4,5	120	120	41,5	41,5	-10,75	-10,75	-4,5	32
20	100	-4,5	120	120	41,75	41,75	-11,25	-11,25	-4,5	32,25
25	165	-3,75	120	120	40,5	40,5	-12	-12	-3,75	32,25
20	165	-2,75	120	120	38,5	38,5	-11,25	-11,25	-2,75	32
17	120	-4,5	120	120	38,25	38,25	-11	-11	-4,5	32
14	110	-4,5	120	120	39	39	-12,75	-12,75	-4,5	32,25
13	110	-3,75	120,25	120,25	40	40	-13,75	-13,75	-3,75	32,25
13	120	-2,75	120,25	120,25	40,75	40,75	-14,5	-14,5	-2,75	32,5
13	120	-4,5	120,25	120,25	41,25	41,25	-14,75	-14,75	-4,5	32,5
13	120	-3,75	120,25	120,25	41,5	41,5	-14,75	-14,75	-3,75	32,5
13	110	-2,75	120,25	120,25	41,5	41,5	-11,5	-11,5	-2,75	32,5
16	110	-4,5	120,25	120,25	40,5	40,5	-12	-12	-4,5	32,25
22	120	-3,75	120,25	120,25	38,5	38,5	-11,25	-11,25	-3,75	32
24	120	-2,75	120,25	120,25	38,25	38,25	-11	-11	-2,75	32
26	100	-4,5	120	120	39	39	-12,75	-12,75	-4,5	32
28	120	-3,75	120	120	39,75	39,75	-13,75	-13,75	-3,75	32,25

16	120	-2,75	120	120	40,75	40,75	-14,5	-14,5	-2,75	32,5
15	110	-4,5	120	120	41,25	41,25	-14,75	-14,75	-4,5	32,25
14	110	-2,75	120	120	41,5	41,5	-14,75	-14,75	-2,75	32,25
13	110	-4,5	120,25	120,25	41,25	41,25	-11,5	-11,5	-4,5	32,25
13	80	-3,75	120,25	120,25	39,5	39,5	-12	-12	-3,75	31,5
13	130	-2,75	120,25	120,25	37,75	37,75	-11	-11	-2,75	31,25
13	140	-4,5	120,25	120,25	38,25	38,25	-12,75	-12,75	-4,5	31,5
17	140	-4	120,25	120,25	39	39	-13,75	-13,75	-4	31,75
20	130	-3,5	120,5	120,5	40	40	-14,5	-14,5	-3,5	32
25	130	-2,75	120,5	120,5	40,5	40,5	-14,75	-14,75	-2,75	32,25
20	120	-3,75	120,5	120,5	41	41	-14,75	-14,75	-3,75	32,25
17	140	-2,75	120	120	41	41	-11,25	-11,25	-2,75	32,25
14	130	-4,5	120,5	120,5	39,25	39,25	-12	-12	-4,5	32
13	130	-2,75	120,5	120,5	37,75	37,75	-11	-11	-2,75	31,75
13	110	-4,5	120,5	120,5	38,25	38,25	-12,75	-12,75	-4,5	31,75
13	110	-3,5	120,5	120,5	39	39	-13,75	-13,75	-3,5	32
14	100	-3	120,5	120,5	40	40	-14,5	-14,5	-3	32,25
24	120	-3,5	122,5	122,5	40,75	40,75	-14,75	-14,75	-3,5	32,25
29	120	-2,75	122,5	122,5	41	41	-14,75	-14,75	-2,75	32,25
28	110	-4,5	122,5	122,5	41,25	41,25	-11,25	-11,25	-4,5	32,25
18	110	-6,5	122,5	122,5	39,5	39,5	-11,75	-11,75	-6,5	32
16	130	-7,75	58	58	37,75	37,75	-9,75	-9,75	-7,75	32
15	130	-7,25	60,25	60,25	38	38	-11	-11	-7,25	32
14	120	-4	60,75	60,75	38,75	38,75	-12,75	-12,75	-4	32
13	110	-5	59,5	59,5	39,75	39,75	-13,75	-13,75	-5	32,25
13	100	-3,75	60,25	60,25	40,5	40,5	-14,5	-14,5	-3,75	32,25

25	130	-2,75	60,75	60,75	41	41	-14,75	-14,75	-2,75	32,25
23	110	-3,75	60,5	60,5	40,75	40,75	-14,75	-14,75	-3,75	32,25
22	110	-2,75	56,5	56,5	38,75	38,75	-11,75	-11,75	-2,75	32
20	120	-3,75	52,75	52,75	37,5	37,5	-11	-11	-3,75	31,75
17	100	-2,75	53,25	53,25	38,25	38,25	-12,75	-12,75	-2,75	32
16	120	-4,5	53,75	53,75	39	39	-13,75	-13,75	-4,5	32
15	130	-5,75	59,5	59,5	40	40	-14,5	-14,5	-5,75	32,25
14	130	-7,75	60,25	60,25	40,5	40,5	-14,75	-14,75	-7,75	32,25
13	130	-3,75	60,75	60,75	41	41	-14,75	-14,75	-3,75	32,25
13	100	-2,75	60,5	60,5	41	41	-11,25	-11,25	-2,75	32,25
12	120	-3,75	56,5	56,5	39,25	39,25	-12	-12	-3,75	32
11	120	-2,75	59,5	59,5	37,75	37,75	-11	-11	-2,75	31,75
11	110	-4,5	60,25	60,25	38	38	-12,75	-12,75	-4,5	31,75
10	110	-3,75	60,75	60,75	38,75	38,75	-13,75	-13,75	-3,75	32
10	110	-5	53,75	53,75	39,75	39,75	-14,5	-14,5	-5	32
10	110	-3,75	53,5	53,5	40,5	40,5	-14,75	-14,75	-3,75	32,25
10	80	-2,75	60	60	41	41	-14,75	-14,75	-2,75	32,25
10	130	-4,5	55	55	40,25	40,25	-11,25	-11,25	-4,5	32,25
20	140	-6,25	58	58	38,25	38,25	-11,75	-11,75	-6,25	32
21	140	-3,75	59,5	59,5	37,5	37,5	-11	-11	-3,75	31,75
18	130	-2,75	60,25	60,25	38,25	38,25	-12,75	-12,75	-2,75	32
16	130	-4,5	60,75	60,75	39	39	-13,75	-13,75	-4,5	32
15	120	-6,25	60,5	60,5	40	40	-14,5	-14,5	-6,25	32
14	140	-7,75	56,5	56,5	40,75	40,75	-14,75	-14,75	-7,75	32,25
13	130	-3,75	60	60	41	41	-14,75	-14,75	-3,75	32,25
15	130	-2,75	55	55	40	40	-11,5	-11,5	-2,75	32

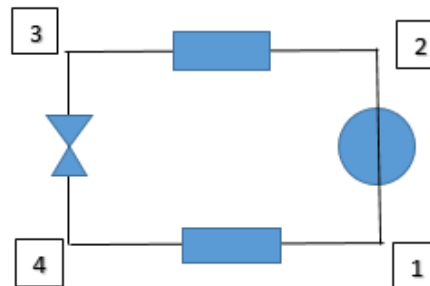
20	110	-4,5	58	58	38	38	-10,75	-10,75	-4,5	31,75
19	110	-3,75	59,5	59,5	37,25	37,25	-11	-11	-3,75	31,75
18	100	-2,75	60,25	60,25	38,25	38,25	-12,75	-12,75	-2,75	31,75
13	120	-4,5	60,75	60,75	39,5	39,5	-13,75	-13,75	-4,5	32
12	120	-6	60,5	60,5	40,25	40,25	-14,5	-14,5	-6	32
11	110	-3,5	56,5	56,5	40,75	40,75	-14,75	-14,75	-3,5	32
11	110	-2,75	59,5	59,5	40,75	40,75	-14,75	-14,75	-2,75	32
10	130	-4,5	60,25	60,25	38,75	38,75	-11,75	-11,75	-4,5	32
10	130	-6,5	60,75	60,75	37,5	37,5	-8,25	-8,25	-6,5	31,75
10	120	-7,75	60,5	60,5	38	38	-11	-11	-7,75	32
10	110	-3,75	56,5	56,5	38,75	38,75	-12,75	-12,75	-3,75	32
10	110	-2,75	59,5	59,5	39,75	39,75	-13,75	-13,75	-2,75	32,25
20	110	-4,5	60,25	60,25	40,5	40,5	-14,5	-14,5	-4,5	31,75
21	80	-3,75	60,75	60,75	40,25	40,25	-14,75	-14,75	-3,75	31,5
12	130	-2,75	60,5	60,5	40,75	40,75	-14,75	-14,75	-2,75	31,75
11	140	-4,5	60,25	60,25	41,25	41,25	-11	-11	-4,5	31,5
11	140	-6,5	60,75	60,75	41,5	41,5	-11	-11	-6,5	31,75
10	130	-2,75	60,5	60,5	41,75	41,75	-12,75	-12,75	-2,75	31,75
10	130	-4,5	58,5	58,5	40,5	40,5	-13,75	-13,75	-4,5	32
21	120	-3,5	59,5	59,5	39,75	39,75	-14,5	-14,5	-3,5	31,75
15	140	-3	60,25	60,25	40,25	40,25	-14,75	-14,75	-3	32
14	130	-3,5	60,75	60,75	40,5	40,5	-14,75	-14,75	-3,5	31,75
13	130	-3	60,5	60,5	38,75	38,75	-11,5	-11,5	-3	31,75
low	high	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	to
15,525	126,5417	-4,031	89,047	89,047	39,816	39,816	-12,87	-12,87	-4,031	32,15

Data table 4.1 pengambilan data selama 120 menit, Dengan menggunakan software Refprop yang terkoneksi dengan pc/laptop.

Tabel 4.2 Data Pengolahan R134a (Enthalpy dan Entropy)

Temperature (°C)	Pressure (psia)	Density (kg/m³)	Enthalpy (kJ/kg)	Entropy (kJ/kg-K)	to
-4,0313	15,525	5,0428	400,27	1,8107	32,25
89,048	126,54	32,533	473,39	1,8822	32,25
89,048	126,54	32,533	473,39	1,8822	32,25
39,817	126,54	41,194	422,77	1,7319	32,25
39,817	126,54	41,194	422,77	1,7319	32,25
-12,877	15,525	5,2388	393,13	1,7837	32,25
-12,877	15,525	5,2388	393,13	1,7837	32,25
-4,0313	15,525	5,0428	400,27	1,8107	32,25

Data pengolahan R134a dengan menginput Temperature dan Pressure untuk memperoleh nilai *enthalpy* dan *entropi* sebagai perhitungan dalam rumus *Exergy sistem*.



Gambar 4.2 Alur temperature unit R134a

Keterangan :

- 1) Kompresor dengan temperature -4,0313 Kw/Kj
- 2) Kondensor dengan temperature 89,048 Kw/Kj
- 3) Pipa kapiler dengan temperature 39,817 Kw/Kj
- 4) Evaporator dengan temperature -12,877 Kw/Kj

2. Data Refrigerant R290/600a Campuran tidak langsung

Tabel 4.3 Data temperature & tekanan refrigerant R290/600a Campuran tidak langsung

Pressure		Temperature								
low	high	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	TO
19	116	-10,25	55,5	55,5	52,75	52,75	-13,75	-13,75	-10,25	32
13	130	-10,5	56,25	56,25	53	53	-14	-14	-10,5	30,5
12	135	-9,25	55	55	53,5	53,5	-10	-10	-9,25	31,5
11	134	-6,25	53,5	53,5	53	53	-2,5	-2,5	-6,25	31,5
11	135	-3,75	53	53	52	52	-0,25	-0,25	-3,75	31,5
10	140	-2,75	52	52	52	52	-2,25	-2,25	-2,75	32
10	140	-4,5	52	52	53	53	-7,75	-7,75	-4,5	33,25
10	140	-6,25	53	53	53,5	53,5	-10,25	-10,25	-6,25	32,5
10	141	-7,75	53,5	53,5	54	54	-12	-12	-7,75	32,5
21	141	-8,75	54	54	54,25	54,25	-12,75	-12,75	-8,75	32,75

24	116	-9,25	54,25	54,25	53,25	53,25	-13,25	-13,25	-9,25	32
25	134	-9,75	50	50	53	53	-13,5	-13,5	-9,75	32
18	136	-10	48,75	48,75	53,5	53,5	-13,75	-13,75	-10	32,25
13	139	-10,25	43,5	43,5	53,75	53,75	-14	-14	-10,25	31,75
12	140	-9	41	41	52,75	52,75	-9	-9	-9	31,5
11	140	-6	46,75	46,75	53	53	-2	-2	-6	32,5
11	140	-3,5	40	40	53,5	53,5	-0,25	-0,25	-3,5	32
11	141	-2,75	38	38	53	53	-2,5	-2,5	-2,75	31
10	141	-4,5	38,4	38,4	52	52	-8	-8	-4,5	31,75
10	141	-6,5	38,1	38,1	52	52	-10,75	-10,75	-6,5	32
10	121	-7,75	35,9	35,9	53	53	-12,25	-12,25	-7,75	31,5
10	121	-8,75	40	40	53,5	53,5	-13	-13	-8,75	31,5
22	134	-9,25	45,5	45,5	54	54	-13,5	-13,5	-9,25	32
24	134	-9,75	45,9	45,9	54,25	54,25	-13,75	-13,75	-9,75	32,25
25	136	-10	48,75	48,75	53,25	53,25	-14	-14	-10	31,75
19	139	-10,25	43,5	43,5	53	53	-14,25	-14,25	-10,25	31,5
13	140	-10,5	41	41	53,5	53,5	-14,25	-14,25	-10,5	31,5
12	140	-8,25	46,75	46,75	53,75	53,75	-6,5	-6,5	-8,25	31,25
11	140	-5,25	45,5	45,5	52,75	52,75	-0,75	-0,75	-5,25	31,25
11	141	-3,25	52	52	53	53	-0,5	-0,5	-3,25	31
10	141	-2,75	53	53	53,5	53,5	-3,5	-3,5	-2,75	31,75
10	100	-4,75	53,5	53,5	53	53	-8,75	-8,75	-4,75	31,5
10	140	-6,75	54	54	52	52	-11,25	-11,25	-6,75	31,5
10	140	-8	54,25	54,25	52	52	-12,5	-12,5	-8	31,5
21	140	-9	53,25	53,25	53	53	-13,25	-13,25	-9	31,5
24	141	-9,5	45,9	45,9	53,5	53,5	-13,75	-13,75	-9,5	31,25

25	141	-10	48,75	48,75	54	54	-14	-14	-10	31,25
18	139	-10,25	43,5	43,5	54,25	54,25	-14,25	-14,25	-10,25	31,25
13	140	-10,5	41	41	53,25	53,25	-14,25	-14,25	-10,5	31,5
12	140	-10,5	46,75	46,75	53	53	-14,5	-14,5	-10,5	31,5
11	140	-9,75	45,5	45,5	53,5	53,5	-10,5	-10,5	-9,75	31,5
11	139	-6,5	52	52	53,75	53,75	-2,75	-2,75	-6,5	31
10	116	-4	45,9	45,9	40,5	40,5	-0,25	-0,25	-4	30,5
10	130	-2,5	48,75	48,75	40,75	40,75	-0,5	-0,5	-2,5	31
10	135	-3,75	43,5	43,5	41	41	-6	-6	-3,75	31
10	134	-5,5	41	41	41	41	-10	-10	-5,5	31,5
10	135	-7,25	46,75	46,75	41,25	41,25	-12	-12	-7,25	31,5
22	140	-8,5	45,9	45,9	41,5	41,5	-13,25	-13,25	-8,5	31
24	140	-9,25	48,75	48,75	41,75	41,75	-13,75	-13,75	-9,25	31
25	140	-10	43,5	43,5	41	41	-14,25	-14,25	-10	31,75
19	141	-10,25	41	41	39,25	39,25	-14,5	-14,5	-10,25	31,5
13	141	-8,25	46,75	46,75	39,25	39,25	-7	-7	-8,25	31,25
12	116	-5,25	48,75	48,75	40,25	40,25	-0,75	-0,75	-5,25	31
11	134	-3,25	43,5	43,5	41	41	-0,25	-0,25	-3,25	31,75
11	136	-2,75	41	41	41,5	41,5	-3,25	-3,25	-2,75	31,25
10	139	-4,5	46,75	46,75	41,5	41,5	-9	-9	-4,5	31,25
10	140	-6,5	40	40	40,25	40,25	-11,75	-11,75	-6,5	31,75
10	140	-8	38	38	41,25	41,25	-13	-13	-8	31,5
10	140	-9	53,5	53,5	41,5	41,5	-13,75	-13,75	-9	31,25
10	141	-9,75	53	53	41,75	41,75	-14,5	-14,5	-9,75	32
20	141	-10,25	52	52	41	41	-14,75	-14,75	-10,25	31,5
21	141	-10,25	52	52	39,25	39,25	-14,5	-14,5	-10,25	31,25

24	121	-8	53	53	40,5	40,5	-5,75	-5,75	-8	31
25	121	-5	53,5	53,5	41,25	41,25	-0,25	-0,25	-5	31,75
18	116	-3	54	54	41,5	41,5	0	0	-3	31,5
13	130	-2,75	54,25	54,25	41,75	41,75	-3,75	-3,75	-2,75	31
12	135	-4,75	53,25	53,25	41	41	-9,5	-9,5	-4,75	31,75
11	134	-6,75	45,9	45,9	39,25	39,25	-12	-12	-6,75	31,5
11	135	-8,25	48,75	48,75	41,25	41,25	-13,25	-13,25	-8,25	31,75
10	140	-9	50	50	41,5	41,5	-14	-14	-9	31,75
10	140	-9,75	53	53	41,75	41,75	-14,5	-14,5	-9,75	31,25
22	140	-10	53,5	53,5	41	41	-15	-15	-10	31,25
24	141	-9,5	54	54	39,25	39,25	-10,75	-10,75	-9,5	31,75
25	141	-6,75	54,25	54,25	41	41	-2,75	-2,75	-6,75	31,5
19	116	-4,25	53,25	53,25	41,5	41,5	0,25	0,25	-4,25	31,25
13	134	-2,5	45,9	45,9	41,75	41,75	-0,25	-0,25	-2,5	31,5
12	136	-3,75	50	50	41,5	41,5	-6,5	-6,5	-3,75	31,5
11	139	-5,75	53	53	40	40	-11	-11	-5,75	31,25
11	140	-7,5	53,5	53,5	38,75	38,75	-12,75	-12,75	-7,5	32,25
10	140	-8,75	54	54	40	40	-13,75	-13,75	-8,75	31,75
10	140	-9,5	54,25	54,25	41	41	-14,5	-14,5	-9,5	31,25
10	141	-10	53,25	53,25	41,5	41,5	-14,75	-14,75	-10	31,75
19	141	-10,25	47	47	41,75	41,75	-14,75	-14,75	-10,25	31,75
21	141	-8	48,75	48,75	41,5	41,5	-5,75	-5,75	-8	31,25
24	121	-5	43,5	43,5	40	40	-0,25	-0,25	-5	31,25
25	121	-3	41	41	41,25	41,25	-0,25	-0,25	-3	31,5
18	116	-3	46,75	46,75	41,5	41,5	-4	-4	-3	31,25
15	130	-4,75	50	50	41,75	41,75	-9,75	-9,75	-4,75	31,75

13	135	-6,75	53	53	41	41	-12,25	-12,25	-6,75	31,75
12	134	-8,25	53,5	53,5	39,25	39,25	-13,5	-13,5	-8,25	31,5
11	130	-9,25	54	54	41	41	-14,25	-14,25	-9,25	31,5
11	135	-9,75	54,25	54,25	41,5	41,5	-15	-15	-9,75	32
10	134	-9,25	53,25	53,25	41,75	41,75	-10,75	-10,75	-9,25	31,5
22	135	-6,5	50	50	41,5	41,5	-2,5	-2,5	-6,5	31,25
24	140	-4	53	53	40	40	0,25	0,25	-4	32
25	140	-2,5	53,5	53,5	38,5	38,5	0	0	-2,5	31,5
19	140	-3,5	54	54	40,25	40,25	-5,75	-5,75	-3,5	31,75
14	141	-5,25	54,25	54,25	38,75	38,75	-10,5	-10,5	-5,25	32,25
12	141	-7	53,25	53,25	40	40	-12,75	-12,75	-7	31,5
11	116	-8,5	50	50	41	41	-14	-14	-8,5	31,5
11	134	-9,5	45,9	45,9	41,5	41,5	-14,75	-14,75	-9,5	32
10	136	-10	48,75	48,75	41,75	41,75	-15	-15	-10	31,5
10	139	-10	43,5	43,5	41,5	41,5	-13	-13	-10	31,25
21	140	-7,25	41	41	40	40	-3,75	-3,75	-7,25	31,75
23	140	-4,5	46,75	46,75	38,5	38,5	0,25	0,25	-4,5	31,5
25	130	-2,75	45,5	45,5	41,75	41,75	0	0	-2,75	31,25
25	135	-3,25	50	50	41	41	-5	-5	-3,25	32
18	134	-5,25	48,75	48,75	39,25	39,25	-10,5	-10,5	-5,25	31,5
13	135	-7	43,5	43,5	37,75	37,75	-12,75	-12,75	-7	32
12	140	-8,5	41	41	36,75	36,75	-14	-14	-8,5	32
11	140	-9,5	46,75	46,75	37,25	37,25	-14,75	-14,75	-9,5	31,25
11	140	-10	45,5	45,5	38,75	38,75	-15	-15	-10	31,25
10	141	-10,25	52	52	40	40	-13,75	-13,75	-10,25	31
22	141	-7,5	40,2	40,2	41	41	-4,25	-4,25	-7,5	30,5

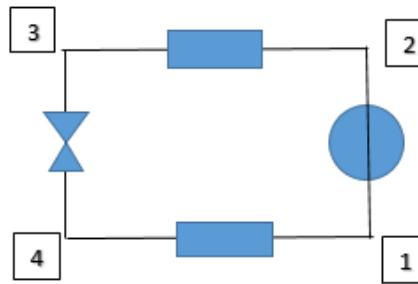
24	116	-5	45,5	45,5	41,5	41,5	0	0	-5	31,25
25	134	-3	50	50	41,75	41,75	0	0	-3	32,5
25	136	-2,75	48,75	48,75	41,5	41,5	-3,5	-3,5	-2,75	32
19	139	-4,75	43,5	43,5	40	40	-9,75	-9,75	-4,75	32
13	140	-6,5	41	41	38,5	38,5	-12,25	-12,25	-6,5	33,25
12	140	-8	46,75	46,75	37,25	37,25	-13,75	-13,75	-8	32,5
low	high	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T0
15,241667	135,23333	-7,056	48,376	48,376	44,970	44,970	-9,0958	-9,0958	-7,056	31,59

Data table 4.3 pengambilan data selama 120 menit, Dengan menggunakan software Refprop yang terkoneksi dengan pc/laptop.

Tabel 4.4 Data Pengolahan campuran tidak langsung R290/600a (Enthalpy dan Entropy)

Temperature	Pressure	Density	Enthalpy	Entropy	to
(°C)	(psia)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	
-7,35	15,242	2,4594	561,73	2,4848	31,61
48,376	135,23	21,016	628,61	2,3815	31,61
48,376	135,23	21,016	628,61	2,3815	31,61
44,971	135,23	21,433	621,61	2,3596	31,61
44,971	135,23	21,433	621,61	2,3596	31,61
-9,4083	15,242	2,4807	558,53	2,4728	31,61
-9,4083	15,242	2,4807	558,53	2,4728	31,61
-7,35	15,242	2,4594	561,73	2,4848	31,61

Data pengolahan R290/600a pencampuran kaleng dengan menginput Temperature dan Pressure untuk memperoleh nilai *enthalpy* dan *entropi* sebagai perhitungan dalam rumus *Exergy sistem*.



Gambar 4.3 Alur temperature unit campuran R290/600a tidak langsung

Keterangan :

- 1) Kompresor dengan temperature $-7,35 \text{ Kw/Kj}$
- 2) Kondensor dengan temperature $48,376 \text{ Kw/Kj}$
- 3) Pipa kapiler dengan temperature $44,971 \text{ Kw/Kj}$
- 4) Evaporator dengan temperature $-9,4083 \text{ Kw/Kj}$

3. Data temperature & tekanan Refrigerant R290/600a Campuran langsung

Tabel 4.5 Data Refrigerant R290/600a Campuran langsung

Pressure		Temperature								
low	high	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	To
19	150	-12,75	51	51	52	52	10	10	-12,75	29,75

18	150	-13	50,5	50,5	52	52	9,75	9,75	-13	30,25
15	140	-12,75	50,75	50,75	53	53	9,5	9,5	-12,75	30,5
14	145	-12,75	51,5	51,5	53,5	53,5	9,5	9,5	-12,75	30,5
12	145	-12,75	51,5	51,5	54	54	9,25	9,25	-12,75	30,75
11	140	-12,5	51,5	51,5	54,25	54,25	9	9	-12,5	30,75
11	140	-12,75	52	52	53,25	53,25	9	9	-12,75	30,75
11	145	-13	52,25	52,25	53	53	8,75	8,75	-13	30,75
11	145	-13	51,75	51,75	53,5	53,5	8,5	8,5	-13	31
10	140	-13	52,25	52,25	53,75	53,75	8,5	8,5	-13	31
10	145	-13	52,25	52,25	52,75	52,75	8,25	8,25	-13	31
10	145	-13	52,25	52,25	53	53	8,25	8,25	-13	31
10	140	-13	52,75	52,75	53,5	53,5	8	8	-13	30,75
10	145	-13	53	53	53	53	8	8	-13	30,75
10	145	-13,25	52,25	52,25	52	52	7,75	7,75	-13,25	31
11	140	-13	52,5	52,5	52	52	7,75	7,75	-13	30,75
11	145	-13	53,25	53,25	53	53	7,5	7,5	-13	30,75
11	145	-13,25	53,25	53,25	53,5	53,5	7,25	7,25	-13,25	31
10	140	-13,25	52,75	52,75	54	54	7,25	7,25	-13,25	30,75
10	145	-13,25	53,25	53,25	54,25	54,25	7,25	7,25	-13,25	30,75
10	145	-13	53,75	53,75	53,25	53,25	7	7	-13	30,75
10	145	-13	52,75	52,75	53	53	6,75	6,75	-13	31
10	140	-13	53	53	53,5	53,5	6,75	6,75	-13	31
10	145	-13	53,5	53,5	53,75	53,75	6,5	6,5	-13	30,75
10	145	-13	53	53	50,25	50,25	6,5	6,5	-13	31
11	145	-10,5	53,25	53,25	48,5	48,5	6,25	6,25	-10,5	30,75
21	140	-3	53,5	53,5	54,25	54,25	6,25	6,25	-3	30,75

22	145	0	53	53	57,75	57,75	6	6	0	30,75
24	145	-3,25	53,25	53,25	52,75	52,75	6	6	-3,25	30,75
25	145	-5,5	53	53	53	53	5,75	5,75	-5,5	30,25
26	145	-5,75	52,5	52,5	53,5	53,5	5,75	5,75	-5,75	30,5
28	145	-6,25	52,75	52,75	53	53	5,75	5,75	-6,25	30,5
29	145	-7,75	53,25	53,25	52	52	5,75	5,75	-7,75	30,5
19	145	-9	53	53	52	52	5,5	5,5	-9	30,75
15	140	-10,25	53	53	53	53	5,25	5,25	-10,25	30,75
14	145	-11,25	53,75	53,75	53,5	53,5	5,25	5,25	-11,25	30,75
13	145	-12	53,75	53,75	54	54	5,25	5,25	-12	31
13	145	-12,75	53	53	54,25	54,25	5,25	5,25	-12,75	31
13	140	-13	53,25	53,25	53,25	53,25	5	5	-13	31
12	145	-12,75	53,75	53,75	53	53	5	5	-12,75	30,75
11	145	-12,5	53,5	53,5	52,75	52,75	4,75	4,75	-12,5	31
11	140	-12,75	53,25	53,25	53	53	4,75	4,75	-12,75	30,75
10	145	-13	53,75	53,75	53,5	53,5	4,5	4,5	-13	30,75
10	145	-13	54	54	53	53	4,5	4,5	-13	30,75
10	145	-13	53	53	52	52	4,5	4,5	-13	31
10	140	-13	53	53	52	52	4,25	4,25	-13	31
10	145	-13	53,5	53,5	53	53	4,25	4,25	-13	30,75
10	145	-13	53,75	53,75	53,5	53,5	4,25	4,25	-13	30,75
10	145	-13	52,75	52,75	54	54	4,25	4,25	-13	31
10	145	-13,25	53	53	54,25	54,25	4	4	-13,25	30,75
10	145	-13	53,5	53,5	53,25	53,25	4	4	-13	30,75
10	145	-13	53,75	53,75	53	53	4	4	-13	30,75
10	145	-13,25	53	53	52,75	52,75	4	4	-13,25	30,75

11	145	-13,25	53	53	53	53	3,75	3,75	-13,25	30,75
11	140	-13,25	53,5	53,5	53,5	53,5	3,75	3,75	-13,25	30,75
10	140	-13	53	53	53	53	3,75	3,75	-13	31
10	140	-13	52,75	52,75	52	52	3,75	3,75	-13	30,75
10	140	-13	53	53	52	52	3,5	3,5	-13	30,75
10	145	-13	53,5	53,5	53	53	3,5	3,5	-13	30,75
10	145	-13	53,25	53,25	53,5	53,5	3,5	3,5	-13	31
17	140	-10,5	52,75	52,75	54	54	3,5	3,5	-10,5	31
18	145	-3	53,25	53,25	54,25	54,25	3,5	3,5	-3	30,75
19	145	0	53,75	53,75	53,25	53,25	3,25	3,25	0	30,75
22	145	-3,25	52,75	52,75	53	53	3,25	3,25	-3,25	31
24	140	-5,5	52,75	52,75	52,75	52,75	3,25	3,25	-5,5	31
25	145	-5,75	53,5	53,5	53	53	3,25	3,25	-5,75	30,75
26	145	-6	53,75	53,75	53,5	53,5	3	3	-6	30,75
28	145	-6,75	52,5	52,5	53	53	3	3	-6,75	31
29	140	-7	52,5	52,5	52	52	3	3	-7	31
28	145	-7,5	53,25	53,25	52	52	3	3	-7,5	31
19	145	-8	53,75	53,75	53	53	2,75	2,75	-8	30,75
16	145	-8,75	53,75	53,75	53,5	53,5	2,75	2,75	-8,75	30,75
14	140	-9,25	54	54	54	54	2,75	2,75	-9,25	30,75
12	145	-10	52,75	52,75	54,25	54,25	2,75	2,75	-10	30,75
12	145	-10,75	52,75	52,75	53,25	53,25	2,75	2,75	-10,75	30,5
12	145	-11	53	53	53	53	2,75	2,75	-11	30,5
11	145	-11,75	53,5	53,5	52,75	52,75	2,75	2,75	-11,75	30,5
11	145	-12,5	52,5	52,5	53	53	2,75	2,75	-12,5	31
11	140	-13	52,75	52,75	53,5	53,5	2,5	2,5	-13	31

10	145	-13	53,25	53,25	53	53	2,5	2,5	-13	30,75
10	145	-13	53,5	53,5	52	52	2,5	2,5	-13	30,75
10	145	-13	53,5	53,5	52	52	2,25	2,25	-13	30,75
19	140	-13	52,75	52,75	53	53	2,25	2,25	-13	30,75
21	145	-13	52,5	52,5	53,5	53,5	2,25	2,25	-13	30,25
24	145	-13,25	52,5	52,5	54	54	2,25	2,25	-13,25	30,25
25	145	-13	52	52	54,25	54,25	2,25	2,25	-13	30,5
18	145	-13	52	52	53,25	53,25	2,25	2,25	-13	30,75
15	140	-13,25	52,75	52,75	53	53	2,25	2,25	-13,25	30,75
13	145	-13,25	53,25	53,25	52,75	52,75	2,25	2,25	-13,25	30,75
12	145	-13,25	53,75	53,75	53	53	2	2	-13,25	30,75
11	140	-13	53	53	53,5	53,5	2	2	-13	30,75
11	145	-13	53,25	53,25	53	53	2	2	-13	30,75
10	145	-13	53,75	53,75	52	52	2	2	-13	30,75
10	145	-13	54	54	52	52	2	2	-13	30,75
10	145	-13	54,25	54,25	53	53	2	2	-13	30,75
11	145	-10,5	53	53	53,5	53,5	2	2	-10,5	31
19	145	-3	52,75	52,75	54	54	2	2	-3	31
20	145	0	53,5	53,5	54,25	54,25	1,75	1,75	0	31
22	145	-3,25	53,75	53,75	53,25	53,25	1,75	1,75	-3,25	30,75
23	145	-5,5	53,5	53,5	53	53	1,75	1,75	-5,5	30,5
25	140	-5,75	53	53	50	50	1,5	1,5	-5,75	30,5
26	145	-6,25	52,75	52,75	45	45	1,75	1,75	-6,25	30,75
28	145	-7,75	53	53	45,5	45,5	1,75	1,75	-7,75	30,75
21	145	-9	53,5	53,5	43,5	43,5	1,75	1,75	-9	30,75
17	145	-10,25	53	53	41	41	1,75	1,75	-10,25	30,25

15	145	-12,75	52	52	40,25	40,25	1,5	1,5	-12,75	30,5
14	145	-13	52	52	40,75	40,75	1,5	1,5	-13	30,75
13	145	-12,75	53	53	41,25	41,25	1,5	1,5	-12,75	30,75
13	140	-12,75	53,5	53,5	41,5	41,5	1,5	1,5	-12,75	30,75
12	145	-12,75	54	54	41,75	41,75	1,5	1,5	-12,75	30,75
11	140	-12,5	54,25	54,25	40,5	40,5	1,5	1,5	-12,5	30,75
11	145	-12,75	53,25	53,25	38,5	38,5	1,5	1,5	-12,75	30,75
10	145	-13	53	53	38,25	38,25	1,5	1,5	-13	31
10	145	-13	53,5	53,5	41	41	1,5	1,5	-13	31
10	145	-13	53,75	53,75	39,25	39,25	1,5	1,5	-13	30,75
10	145	-13	54	54	40,5	40,5	1,25	1,25	-13	30,75
10	145	-13	54,25	54,25	37	37	1,25	1,25	-13	30,75
10	145	-13	54,25	54,25	37	37	1,25	1,25	-13	30,75
10	145	-13	54,5	54,5	37	37	1,25	1,25	-13	30,75
11	145	-13,25	53	53	36,75	36,75	1,25	1,25	-13,25	31
low	high	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	To
14,49167	143,9167	-11,012	53,047	53,047	51,060	51,060	4,1541	4,1541	-11,012	30,76

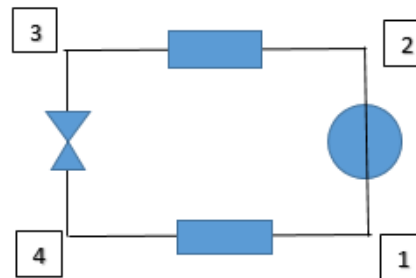
Data table 4.5 pengambilan data selama 120 menit, Dengan menggunakan software Refprop yang terkoneksi dengan pc/laptop.

Tabel 4.6 Data Pengolahan campuran langsung R290/600a (Enthalpy dan Entropy)

Temperature	Pressure	Density	Enthalpy	Entropy	to
(°C)	(psia)	(kg/m³)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	
-11,013	14,492	2,3706	556,27	2,4723	30,76
53,048	143,92	22,124	635,98	2,3957	30,76
53,048	143,92	22,124	635,98	2,3957	30,76
51,06	143,92	22,376	631,84	2,3829	30,76

51,06	143,92	22,376	631,84	2,3829	30,76
5,6062	14,492	2,2166	582,44	2,5691	30,76
5,6062	14,492	2,2166	582,44	2,5691	30,76
-11,013	14,492	2,3706	556,27	2,4723	30,76

Data pengolahan R290/600a pencampuran langsung dengan menginput Temperature dan Pressure untuk memperoleh nilai *enthalpy* dan *entropi* sebagai perhitungan dalam rumus *Exergy sistem*.



Gambar 4.4 Alur temperature unit campuran R290/600a langsung

Keterangan :

- 1) Kompresor dengan temperature -11,013 Kw/Kj
- 2) Kondensor dengan temperature 53,048 Kw/Kj
- 3) Pipa kapiler dengan temperature 51,06 Kw/Kj
- 4) Evaporator dengan temperature 5,6062 Kw/Kj

4. Data Daya aktual

Data Daya aktual merupakan data yang digunakan sebagai pembagi dengan kerja compressor untuk menentukan laju aliran refrigerant (\dot{m}), sebagai berikut :

Tabel 4.7 Tabel Daya aktual tiap refrigerant

DATA DAYA AKTUAL TIAP REFRIGERANT								
R-134A			R-290/600A KALENG			R-290/600A LANGSUNG		
CURRENT	VOLTAGE	PF	CURRENT	VOLTAGE	PF	CURRENT	VOLTAGE	PF
0,77	214,6	0,61	0,71	213,5	0,61	0,65	195,5	0,55
0,76	215,1	0,62	0,75	203,1	0,62	0,69	205,3	0,52
0,79	215,2	0,5	0,75	213,7	0,61	0,69	205,4	0,51
0,77	215	0,62	0,71	211,9	0,61	0,69	205,7	0,52
0,8	212,9	0,66	0,74	201,4	0,62	0,66	195,5	0,55
0,79	213	0,64	0,75	212	0,58	0,7	205,6	0,52
0,78	213	0,63	0,71	201,8	0,61	0,69	205,7	0,52
0,78	213,6	0,62	0,71	201,6	0,67	0,65	195,4	0,55
0,78	213,3	0,62	0,75	212,6	0,57	0,69	205,7	0,52
0,78	213,2	0,62	0,75	212,7	0,57	0,69	206	0,52
0,78	213,4	0,62	0,71	202,9	0,6	0,69	206	0,52
0,78	213,7	0,62	0,74	211	0,57	0,66	195,4	0,55
0,78	213,9	0,61	0,71	200,8	0,6	0,69	205,9	0,52
0,78	214,2	0,61	0,75	202,8	0,62	0,7	206,3	0,52
0,78	214,3	0,61	0,75	201,9	0,61	0,7	206,1	0,52
0,77	214	0,61	0,71	202,2	0,61	0,7	206,3	0,52

0,77	214,1	0,61	0,74	200,2	0,64	0,69	206,4	0,51
0,76	216,2	0,62	0,75	210,9	0,58	0,7	206,8	0,51
0,79	216,2	0,63	0,75	211	0,58	0,7	206,9	0,52
0,83	213,8	0,68	0,71	200,5	0,61	0,7	207	0,52
0,8	213,8	0,64	0,75	211	0,57	0,7	207	0,51
0,79	213,9	0,63	0,75	211,1	0,57	0,7	207,5	0,51
0,78	214	0,62	0,71	201,1	0,66	0,7	206,6	0,52
0,78	214	0,62	0,75	211,7	0,57	0,66	196,2	0,54
0,78	213,8	0,62	0,74	211,1	0,57	0,7	206,2	0,52
0,78	213,9	0,61	0,71	202,1	0,61	0,7	206,2	0,51
0,78	214,3	0,61	0,75	212,4	0,61	0,65	195,7	0,54
0,78	214,8	0,61	0,75	212,6	0,65	0,7	206,1	0,51
0,77	216,6	0,61	0,71	210,8	0,61	0,69	205,7	0,51
0,76	213,7	0,61	0,74	200,2	0,62	0,69	205,9	0,51
0,79	213,8	0,61	0,75	210,5	0,58	0,65	195,8	0,54
0,81	212,6	0,66	0,75	211,2	0,57	0,69	206	0,51
0,79	212,8	0,64	0,75	211,3	0,57	0,69	205,8	0,51
0,78	213,5	0,63	0,71	200,7	0,6	0,69	205,2	0,52
0,78	213,6	0,62	0,74	211,1	0,57	0,67	200,4	0,53
0,78	213,3	0,62	0,74	211,1	0,57	0,7	208,6	0,51
0,78	213,3	0,61	0,75	211	0,57	0,7	208,6	0,5
0,77	213,1	0,62	0,75	211,3	0,57	0,7	209	0,51
0,77	213,2	0,61	0,71	212,3	0,62	0,66	198,4	0,54
0,76	211	0,62	0,75	212,7	0,61	0,7	208,7	0,51
0,77	214,1	0,61	0,75	206,2	0,62	0,7	208,9	0,51
0,76	214,4	0,61	0,71	200,2	0,64	0,7	209,3	0,5

0,79	212,6	0,67	0,74	210,8	0,59	0,7	209,3	0,5
0,77	212,6	0,65	0,75	211	0,58	0,69	206,4	0,51
0,76	212,4	0,63	0,75	211,1	0,58	0,65	195,6	0,54
0,79	212,7	0,62	0,75	211,3	0,57	0,69	206,1	0,51
0,78	212,8	0,62	0,75	211,5	0,57	0,69	206,4	0,51
0,77	212,7	0,62	0,75	211,8	0,57	0,69	206,4	0,52
0,77	212,7	0,62	0,75	211,5	0,57	0,65	196,4	0,54
0,77	214,4	0,62	0,75	211,4	0,57	0,7	207	0,51
0,76	214,6	0,62	0,74	211,2	0,57	0,7	207	0,5
0,77	214,6	0,62	0,71	212,9	0,6	0,7	207,4	0,51
0,76	212,8	0,65	0,75	213	0,6	0,7	207,3	0,51
0,79	213	0,63	0,75	202,3	0,61	0,65	196,9	0,53
0,77	211,5	0,63	0,71	202,6	0,61	0,7	207,2	0,51
0,77	211,4	0,62	0,74	211,3	0,6	0,7	206,7	0,51
0,77	211	0,62	0,71	201,1	0,62	0,65	196,8	0,53
0,77	211,1	0,62	0,75	211,9	0,58	0,7	207,4	0,51
0,77	213,1	0,61	0,75	211,8	0,57	0,7	207,5	0,51
0,76	212,8	0,62	0,75	211,7	0,57	0,7	207,8	0,51
0,79	213,4	0,61	0,73	207,2	0,58	0,7	208,1	0,51
0,8	211,4	0,66	0,71	211,4	0,57	0,7	208,8	0,51
0,78	211,3	0,64	0,75	213,4	0,61	0,71	208,9	0,51
0,77	210,7	0,63	0,75	213	0,61	0,7	209,3	0,5
0,77	210,7	0,62	0,71	202,5	0,61	0,71	209,5	0,5
0,77	210,7	0,62	0,74	205,8	0,87	0,7	207,2	0,51
0,77	210,7	0,62	0,75	211,2	0,59	0,66	197	0,53
0,76	212,5	0,61	0,75	211,4	0,58	0,7	207,6	0,51

0,79	212,6	0,63	0,75	211,3	0,57	0,7	208,3	0,5
0,81	210,5	0,67	0,75	211,5	0,57	0,7	208,6	0,5
0,79	210,7	0,65	0,71	200,8	0,6	0,7	209	0,5
0,78	211,3	0,63	0,74	211,1	0,57	0,7	208,9	0,51
0,77	211,4	0,63	0,74	210,7	0,57	0,71	209,8	0,5
0,77	210,8	0,63	0,71	212	0,61	0,71	210	0,5
0,76	210,4	0,62	0,75	201,5	0,61	0,7	207,6	0,5
0,05	212,4	0,61	0,75	212,2	0,61	0,7	208,9	0,5
0,05	212,2	0,61	0,71	211,8	0,61	0,66	199	0,53
0,05	213	0,61	0,74	199,4	0,62	0,71	209,4	0,5
0,79	211	0,66	0,75	210,5	0,58	0,7	209,4	0,5
0,77	211,3	0,63	0,71	200	0,61	0,71	209,4	0,5
0,77	211,5	0,63	0,74	209,9	0,58	0,71	209,8	0,51
0,77	210,9	0,62	0,74	209,7	0,61	0,71	210	0,5
0,76	210,6	0,62	0,75	212,2	0,57	0,71	210	0,5
0,77	212,5	0,61	0,71	201,6	0,56	0,71	210,5	0,5
0,76	212,5	0,61	0,71	214,1	0,61	0,71	210,4	0,5
0,79	212,6	0,61	0,75	213,7	0,61	0,71	210,1	0,49
0,79	210,8	0,66	0,75	203	0,58	0,71	210,1	0,49
0,78	210,8	0,64	0,71	211,8	0,61	0,71	210,2	0,5
0,77	210,5	0,63	0,74	211,3	0,57	0,7	207,1	0,51
0,77	210,4	0,62	0,71	200,4	0,56	0,7	207,2	0,5
0,76	210,5	0,62	0,75	210,8	0,58	0,65	197	0,53
0,79	212,2	0,61	0,75	211,1	0,57	0,7	207,2	0,51
0,77	212	0,61	0,74	210,8	0,57	0,7	207,3	0,5
0,05	211,7	0,61	0,71	211	0,58	0,7	207,2	0,51

0,79	209,1	0,66	0,75	213	0,61	0,7	207,7	0,5
0,77	209,4	0,64	0,75	211,8	0,57	0,69	206,9	0,5
0,77	209,6	0,63	0,71	201,4	0,56	0,65	197,1	0,53
0,76	209,6	0,63	0,74	211,9	0,61	0,7	207,1	0,51
0,76	210,8	0,62	0,75	209,6	0,59	0,7	207	0,51
0,05	212,3	0,62	0,71	199,3	0,62	0,69	206,7	0,51
0,05	212,3	0,61	0,74	209,6	0,58	0,69	206,6	0,5
0,05	212,3	0,62	0,74	209,6	0,61	0,69	206,5	0,5
0,8	210	0,67	0,71	200	0,57	0,69	206,7	0,51
0,78	210,5	0,64	0,71	210,3	0,56	0,69	206,8	0,5
0,77	210,9	0,63	0,75	211,9	0,61	0,69	206,9	0,5
0,77	210,9	0,62	0,75	201,4	0,58	0,69	206,8	0,5
0,76	210,4	0,62	0,71	211,9	0,61	0,69	206,8	0,5
0,81	212,4	0,61	0,74	212	0,57	0,69	206,8	0,5
0,79	212,2	0,61	0,71	199	0,56	0,69	207	0,5
0,79	212,4	0,61	0,74	209,8	0,58	0,7	206,7	0,51
0,79	210,3	0,66	0,74	209,9	0,58	0,69	206,4	0,5
0,77	210	0,64	0,71	199,6	0,61	0,69	206,4	0,5
0,77	210,4	0,63	0,75	212,8	0,57	0,69	206,4	0,5
0,76	210,1	0,62	0,71	212,7	0,56	0,69	205,9	0,5
0,76	210,6	0,62	0,75	214,8	0,62	0,67	199,2	0,53
0,77	212,5	0,61	0,75	203,9	0,58	0,7	209,3	0,5
0,77	212,1	0,61	0,71	215,2	0,61	0,7	209,3	0,5
0,81	210,3	0,67	0,74	204,3	0,57	0,7	209,2	0,5
0,79	210,1	0,65	0,76	213,3	0,56	0,7	209,3	0,5
0,77	210,2	0,64	0,76	212,9	0,57	0,7	209,1	0,49

0,73475	212,36	0,62475	0,7355833	208,53667	0,594	0,69175	205,93083	0,5116667
CURRENT	VOLTAGE	PF	CURRENT	VOLTAGE	PF	CURRENT	VOLTAGE	PF

Keterangan :

Current = arus

Voltage = volt

Pf = power factor / cos

Dari tabel diatas dapat di gunakan untuk memulai perhitungan exergy komponen, prosentase exergy, dan efisiensi exergy. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. } W_c &= h_2 - h_1 \\ &= 473,39 - 400,27 \\ &= 73,12 \text{ Kj} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= V \cdot I \cdot \cos \\ &= 212,36 \cdot 0,73 \cdot 0,62 \\ &= 96,11 \text{ W} \\ &= 0,0961 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } \dot{m} &= \frac{\text{Daya}}{W_c} \\ &= \frac{0,0961}{73,12} \\ &= 0,0013 \text{ Kw/kj} \end{aligned}$$

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

V = Voltase (Watt)

I = Arus

h_1 = Enthalphy pada titik in (kJ/kg)

h_2 = Enthalphy pada titik out (kJ/kg)

W_c = Kerja kompresor (kW)

b. *Exergy* di sistem Kompresor, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \dot{E}x_{d,com} &= \dot{m}[(h_2 - h_1) - T_o(s_2 - s_1) + w_c] = \dot{m} \cdot T_o (s_1 - s_2) \\ &= 0,0013 \cdot 32,25 \cdot (1,88 - 1,81) \\ &= 0,0029 \text{ Kw/kj} \end{aligned}$$

Keterangan :

$\dot{Ex}_{d,com}$ = Tingkat Exergy di Kompresor (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

h_1 = Enthalphy pada titik in (kJ/kg)

h_2 = Enthalphy pada titik out (kJ/kg)

T_o = Temperatur lingkungan (0C)

s_1 = Entrophie pada titik in (kJ/kg K)

s_2 = Entrophie pada titik out (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

c. *Exergy* di sistem Kondensor, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\dot{Ex}_{d,con} &= \dot{m}[(h_4 - h_3) - T_o(s_4 - s_3)] \\ &= 0,0013 (422,77 - 473,39) - 32,25 (1,73 - 1,88) \\ &= -0,065 + 4,83 \\ &= 4,7 \text{ Kw/Kj}\end{aligned}$$

Keterangan :

$\dot{Ex}_{d,con}$ = Tingkat Exergy di Kondensor (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

h_3 = Enthalphy pada titik in (kJ/kg)

h_4 = Enthalphy pada titik out (kJ/kg)

T_o = Temperatur lingkungan (0C)

s_3 = Entrophie pada titik in (kJ/kg K)

s_4 = Entrophie pada titik out (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

d. *Exergy* di pipa kapiler, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\dot{E}x_{d, \text{cap}} &= \dot{m}[(h_6 - h_5) - T_o(s_6 - s_5)] \\ &= 0,0013 (422,77) - 32,25 (1,78 - 1,73) \\ &= 0,54 - 1,61 \\ &= 1,07 \text{ Kw/kj}\end{aligned}$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{d, \text{cap}}$ = Tingkat *Exergy* di pipa kapiler (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

h_5 = Enthalphy pada titik in (kJ/kg)

h_6 = Enthalphy pada titik out (kJ/kg)

T_o = Temperatur lingkungan (^0C)

s_5 = Entrophie pada titik in (kJ/kg K)

s_6 = Entrophie pada titik out (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

e. *Exergy* di Evaporator, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\dot{E}x_{d, \text{eva}} &= \dot{m} [(h_8 - h_7)] - T_o [(s_8 - s_7)] \\ &= 0,0013 (400,27 - 393,13) - 32,25 (1,81 - 1,78) \\ &= 0,009 - 0,96 \\ &= 0,95 \text{ Kw/kj}\end{aligned}$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{d, \text{eva}}$ = Tingkat *Exergy* di evaporator (kW)

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

h_7 = Enthalphy pada titik in (kJ/kg)

h_8 = Enthalpy pada titik out (kJ/kg)

T_o = Temperatur lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

s_7 = Entropi pada titik in (kJ/kg K)

s_8 = Entropi pada titik out (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

- f. kerusakan *Eksergi* total dapat diperoleh :

$$\begin{aligned}\dot{E}x_{d,tot} &= \dot{E}x_{d,com} + \dot{E}x_{d,con} + \dot{E}x_{d,cap} + \dot{E}x_{d,eva} \\ &= 0,0029 + 4,7 + 1,07 + 0,95 \\ &= 6,7 \text{ Kw/Kj}\end{aligned}$$

Keterangan :

$\dot{E}x_{d,tot}$ = Tingkat *Exergy* Total

$\dot{E}x_{d,com}$ = Tingkat *Exergy* di Kompresor

$\dot{E}x_{d,con}$ = Tingkat *Exergy* di Kondensor

$\dot{E}x_{d,cap}$ = Tingkat *Exergy* di Pipa kapiler

$\dot{E}x_{d,eva}$ = Tingkat *Exergy* di Evaporator

- g. Efisiensi *Eksergi* total dari semua sistem :

$$\begin{aligned}\eta_{ex} &= 1 - \frac{\dot{E}x_{d,tot}}{W_c} \\ &= 1 - \frac{6,7}{73,12} \\ &= 1 - 0,092 \\ &= 0,908 \%\end{aligned}$$

Keterangan :

η = Efisiensi *Exergy*

$\dot{Ex}_{d,tot}$ = Tingkat *Exergy* Total

Wc = Kerja kompressor

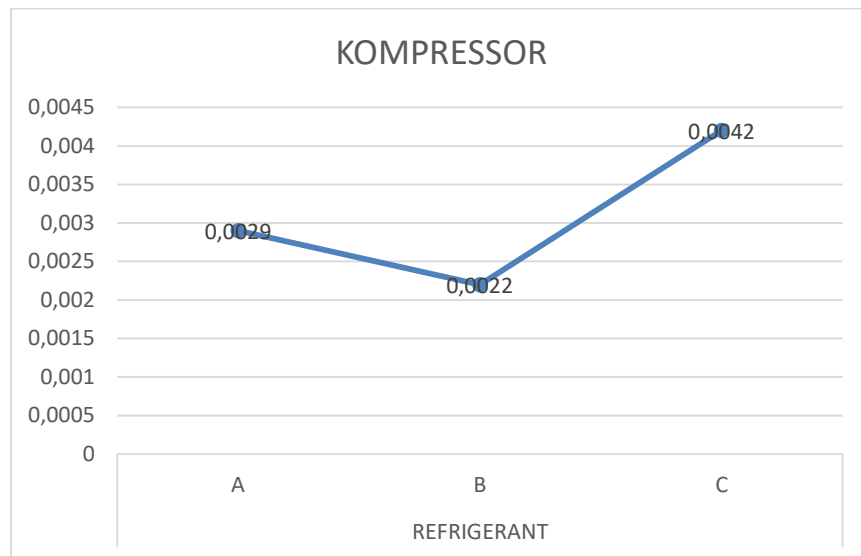
Untuk perhitungan dan hasil dengan cara yang sama akan dengan di tampilkan pada tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.8 Hasil perhitungan *exergy* di tiap refrigerant dan komponen

	Hasil Perhitungan Semua Refrigerant		
	R-134a	LANGSUNG R290/600a	Tidak langsung R290/600a
KOMPRESSOR	0,0029	0,0022	0,0042
KONDENSOR	4,7	0,306	0,93
PIPA KAPILER	1,07	4,96	2,9
EVAPORATOR	0,95	2,7	0,31
<i>EXERGY</i> TOTAL	6,72	7,96	4,1
EFFISIENSI <i>EXERGY</i>	0,908	0,901	0,939

1. Dari tabel diatas merupakan hasil perhitungan yang menunjukkan hasil dari berbagai komponen dan variasi perbandingan refrigerant. Selanjutnya akan di tampilkan berupa grafik, sebagai berikut :

a. Grafik pada unit kompressor.



Gambar 4.5 Grafik pada Kompresor

Dari grafik diatas dapat di ketahui tingkat kerusakan *exergy* dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 0,0029 Kw/Kj. Refrigerant B dengan nilai 0,0022 Kw/Kj. Refrigerant C dengan nilai 0,0042 Kw/Kj Dapat disimpulkan kerusakan terkecil adalah Refrigerant B yaitu 0,0022 Kw/Kj.

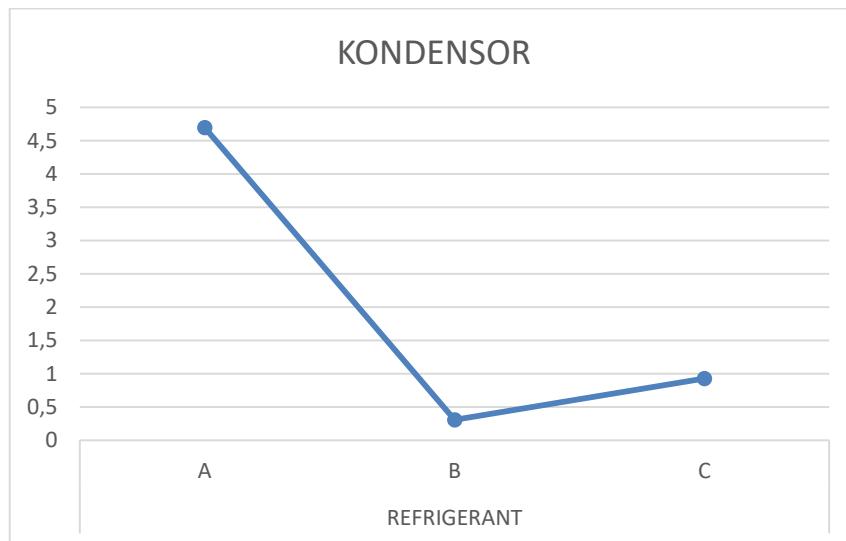
Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

b. Grafik pada unit kondensor



Gambar 4.6 Grafik pada Kondensor

Dari grafik diatas dapat di ketahui tingkat kerusakan *exergy* dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 4,7 Kw/Kj. Refrigerant B dengan nilai 0,306 Kw/Kj. Refrigerant C dengan nilai 0,93 Kw/Kj Dapat disimpulkan kerusakan terkecil adalah Refrigerant B yaitu 0,306 Kw/Kj.

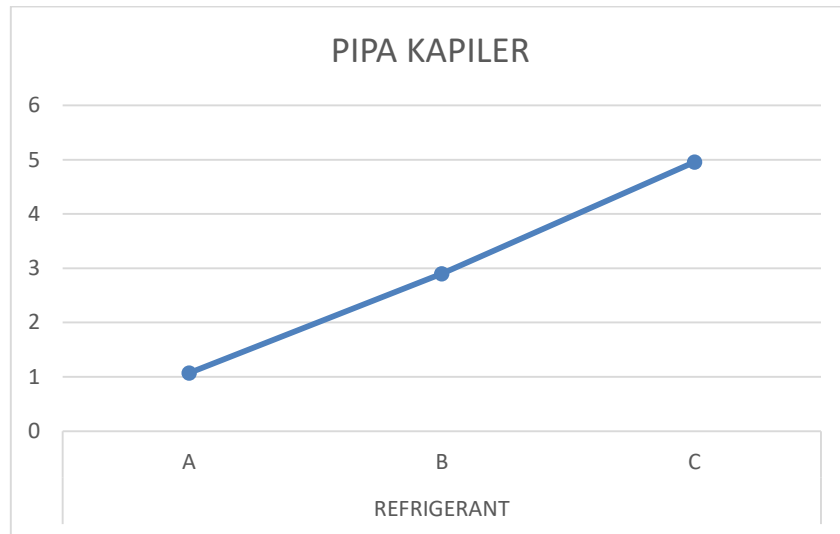
Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

c. Grafik pada unit pipa kapiler



Gambar 4.7 Grafik pada Pipa kapiler

Dari grafik diatas dapat di ketahui tingkat kerusakan *exergy* dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 1,07 Kw/Kj. Refrigerant B dengan nilai 4,96 Kw/Kj. Refrigerant C dengan nilai 2,962 Kw/Kj Dapat disimpulkan kerusakan terkecil adalah Refrigerant A yaitu 1,07 Kw/Kj

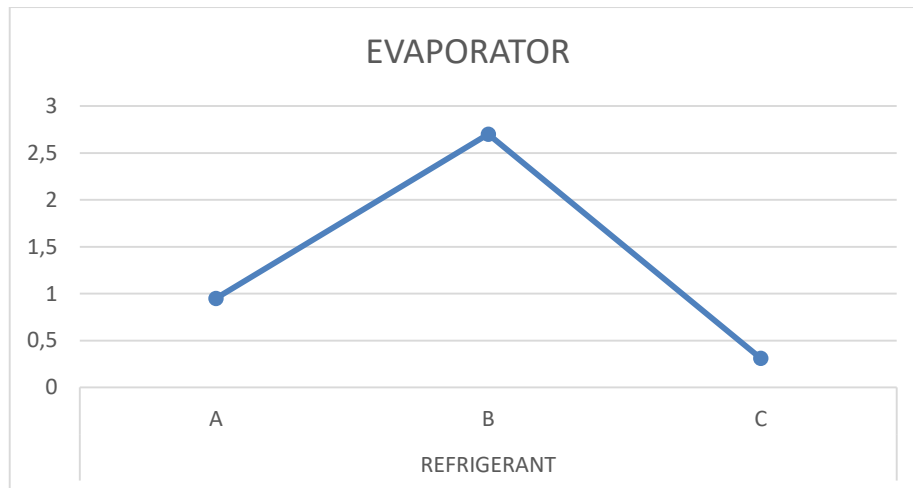
Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

d. Grafik pada unit Evaporator



Gambar 4.8 Grafik pada Evaporator

Dari grafik diatas dapat di ketahui tingkat kerusakan *exergy* dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 0,95 Kw/Kj. Refrigerant B dengan nilai 2,7 Kw/Kj. Refrigerant C dengan nilai 0,31 Kw/Kj Dapat disimpulkan kerusakan terkecil adalah Refrigerant C yaitu 0,31 Kw/Kj

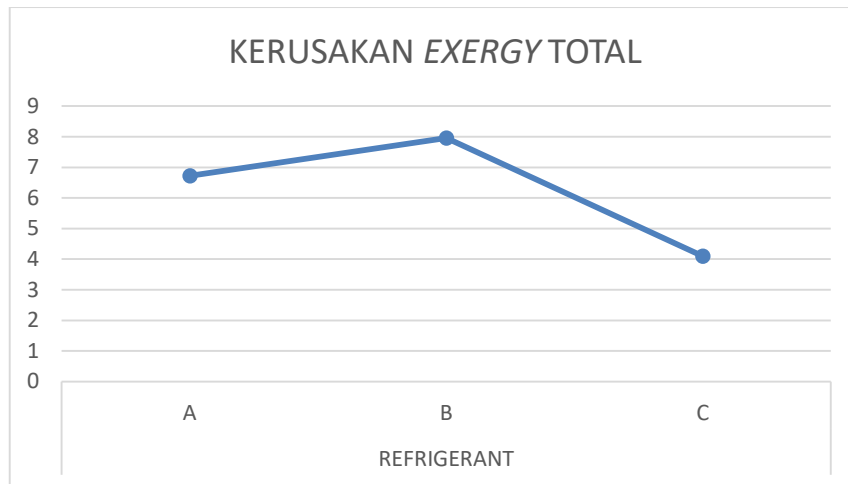
Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

e. Grafik *Exergy* total



Gambar 4.9 Grafik *Exergy* total

Dari grafik diatas dapat di ketahui tingkat kerusakan *exergy* total dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 6,7 Kw/Kj. Refrigerant B dengan nilai 7,96 Kw/Kj. Refrigerant C dengan nilai 4,1 Kw/Kj Dapat disimpulkan kerusakan terkecil adalah Refrigerant C yaitu 4,1 Kw/Kj

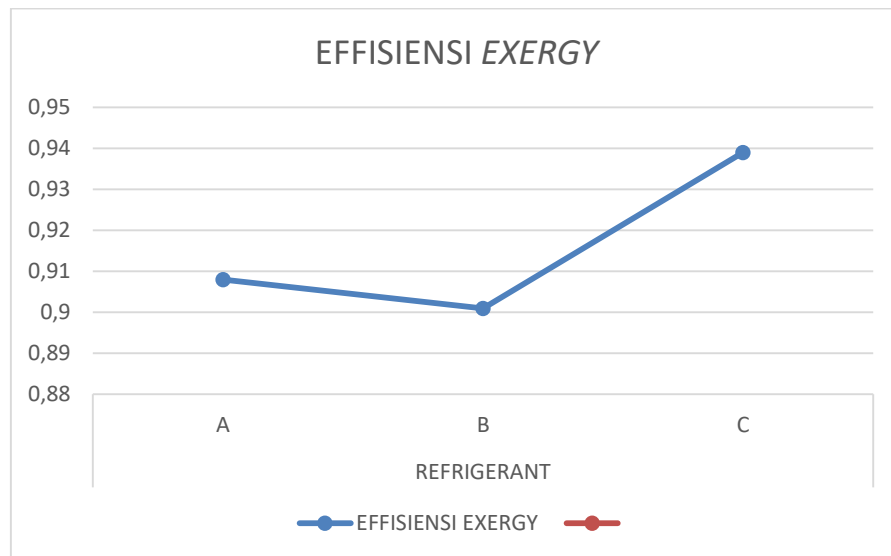
Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

f. Grafik Efisiensi *Exergy*



Gambar 4.10 Efisiensi *Exergy*

Dari grafik diatas dapat di ketahui efisiensi kerusakan exergy dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 0,908 %. Refrigerant B dengan nilai 0,901 %. Refrigerant C dengan nilai 0,908 % Dapat disimpulkan Efisiensi terbaik adalah Refrigerant C yaitu 0,939 %.

Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

B. Pembahasan

Dari hasil penelitian di atas maka dilakukan uraian pembahasan sebagai berikut :

1. Pada kompressor dapat diketahui kerusakan terkecil adalah dari campuran langsung yaitu 0,0022 Kw/kj.
2. Pada kondensor dapat diketahui kerusakan terkecil adalah dari R290/600a campuran langsung yaitu 0,306 Kw/kj.
3. Pada pipa kapiler dapat diketahui kerusakan terkecil adalah dari R134a yaitu 1,07 Kw/kj.
4. Pada evaporator dapat diketahui kerusakan terkecil adalah dari R290/600a campuran tidak langsung yaitu 2,7 Kw/kj.
5. Secara garis besar dapat diketahui kerusakan terkecil adalah dari campuran tidak langsung R290/600a yaitu 4,1 Kw/kj. Dan tingkat *efisiensi exergy* terbaik adalah R290/600a campuran tidak langsung yaitu 0,939 %

Bab V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada kulkas 2 pintu Toshiba GR-C259 untuk mengetahui kerusakan *exergy* yang menggunakan campuran R290/600a dengan massa 62,4gr dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengambilan data selama 120 menit pada kondisi steady dengan menggunakan kulkas sebagai objek penelitian untuk mengetahui nilai kerusakan/kehilangan *exergy destroyer* sistem, Di dapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Nilai *exergy* sistem total dari ketiga percobaan refrigerant dapat di ketahui tingkat kerusakan *exergy* total dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 6,7 Kw/Kj. Refrigerant B dengan nilai 7,96 Kw/Kj. Refrigerant C dengan nilai 4,1 Kw/Kj Dapat disimpulkan kerusakan terkecil adalah Refrigerant C yaitu 4,1 Kw/Kj

Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

- b. Nilai efisiensi *exergy* sistem total dari ketiga percobaan refrigerant dapat di ketahui efisiensi kerusakan *exergy* dari tiap refrigerant yaitu Refrigerant A dengan nilai 0,908%. Refrigerant B dengan nilai

0,901%. Refrigerant C dengan nilai 0,908% Dapat disimpulkan Efisiensi terbaik adalah Refrigerant C yaitu 0,939%.

Keterangan :

Refrigerant A merupakan R134a

Refrigerant B merupakan Campuran Langsung

Refrigerant C merupakan Campuran tidak langsung

2. Dari data yang telah dipaparkan di atas dapat disimpulkan semakin kecil angka/hasil dari sebuah nilai *Exergy destroyer*, maka semakin kecil kerusakan/kehilangan *exergy* sistemnya. Dan telah dibuktikan bahwa campuran R290/600a pada pencampuran menggunakan campuran tidak langsung yang memiliki tingkat *Exergy destroyer* sistem yang paling kecil dibandingkan basic R134a.
3. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa campuran R290/600a dapat menggantikan basic R134a dengan metode campuran tidak langsung.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan agar memiliki hasil yang optimal maka disarankan sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut misalnya dalam memvariasikan variasi massa. Yang fungsinya untuk mengukur pada campuran variasi mana yang paling mendekati basic R134a.
2. Pada saat mencampur refrigerant R290/600a jangan kurang ataupun lebih, karena sangat berpengaruh dalam hasil penelitian.

Daftar Pustaka

- Anwar, K., Basri, M. H., & Tobe, I. (2013). Analisis Eksergi pada Sistem Pembangkit Daya Tenaga Uap (PLTU) Palu. *Proceeding SNTTM XII, Snttm Xii*, 314–320.
- Chen, Q., Yu, J., & Yan, G. (2016). Performance analysis of a modified zeotropic mixture (R290/R600) refrigeration cycle with internal subcooler for freezer applications. *Applied Thermal Engineering*, 108, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.07.132>
- Faozan, I. (2017). Analisis Perbandingan Evaporator Kulkas (Lemari Es) Dengan Menggunakan Refrigerant R-22 Dan R-134a. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(3), 33. <https://doi.org/10.22441/jtm.v4i3.1272>
- Kapiler, P., & Muzakkir, M. A. (2013). *Perbandingan Koefisien Prestasi (CoP) pada Refrigerator dengan Refrigeran CFC R12 dan HC R134a*. 5(1), 30–39. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.68.4.595>
- Khambali, Wahjudi, S., & Harijono, A. (2015). *Analisis Kinerja Refrigerator Dengan Kompresor 1 HP Memakai Refrigeran R134a*. November, 0–6. https://www.researchgate.net/profile/Khambali_Khambali/publication/320076524_Analisis_Kinerja_Refrigerator_Dengan_Kompresor_1_HP_Memakai_Refrigeran_R134a/links/59cc9f660f7e9bbfdc3ffdf/Analisis-Kinerja-Refrigerator-Dengan-Kompresor-1-HP-Memakai-Refrigeran
- Kulkas, M. P. (2016). *Penerapan konsep termodinamika pada mesin pendingin (kulkas)*.
- Mohanraj, M., Jayaraj, S., Muraleedharan, C., & Chandrasekar, P. (2009). Experimental investigation of R290 / R600a mixture as an alternative to R134a in a domestic refrigerator. *International Journal of Thermal Sciences*, 48(5), 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2008.08.001>
- Mustaqim, M., Farid, A., & Wibowo, H. (2019). Variasi Tekanan Kerja Suction Compressor Terhadap Kinerja Ac Split dengan R290. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 12. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2903>
- Pramudantoro, T. P. (2017). *Pengaruh Variasi Massa Pengisian R290 Sebagai*

- Refrigeran Pengganti R22 Pada Kinerja Freezer.* 0–5.
- Siregar, B., & Pasaribu, N. T. U. A. (2015). *Efesiensi Kompresor Terhadap Modifikasi Susunan Pipa.* 1(1), 35–41.
- Surabaya-, J. S. N. (2018). *Jurnal Teknik Mesin 2018 ANALISA UNJUK KEJA MODIFIKASI DISPENSER MENJADI AIR CONDITIONING (AC) PORTABEL YANG MENGGUNAKAN FREON R-134A BERDASARKAN PADA VARIASI PUTARAN KIPAS PADA EVAPORATOR TERHADAP SUHU PENDINGINAN RUANGAN Mahasiswa jurusan Teknik Mesin.* 1–11.
- Temaja, I. W., Arsana, I. M. E., & Midiani, L. P. I. (2018). Kajian Eksperimental Campuran R-32/R-290 Pengganti Refrigeran R-32 Pada Ac Split Domestik. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 8(3), 74. <https://doi.org/10.31940/matrix.v8i3.1068>
- Wongwises, S., & Chimres, N. (2005). Experimental study of hydrocarbon mixtures to replace HFC-134a in a domestic refrigerator. *Energy Conversion and Management*, 46(1), 85–100. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.02.011>

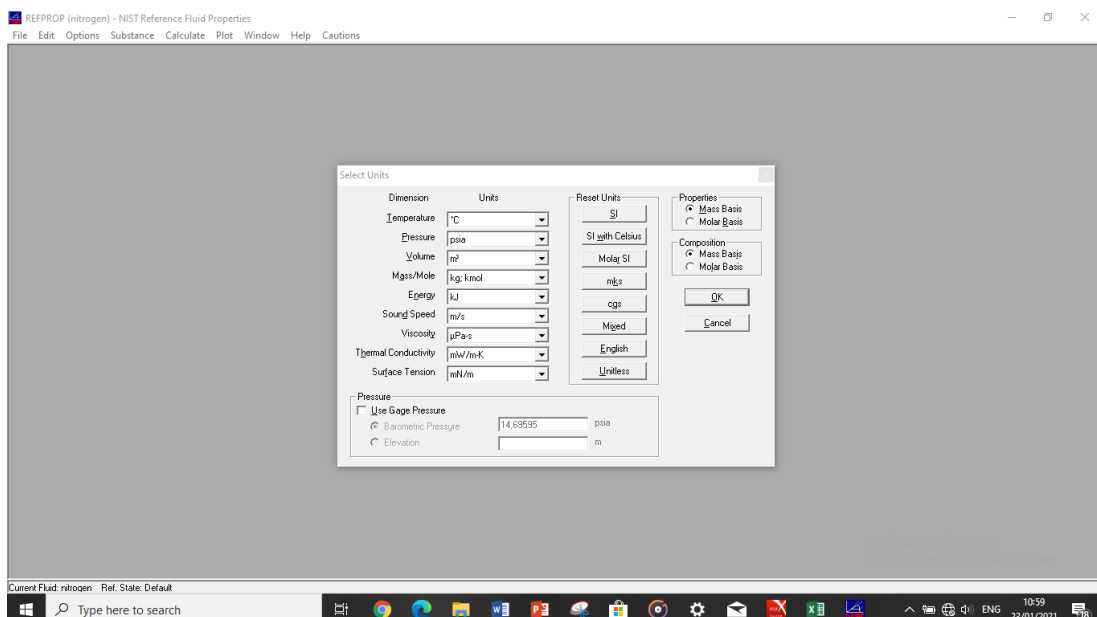
LAMPIRAN

Lampiran 1 Software aplikasi Refprop



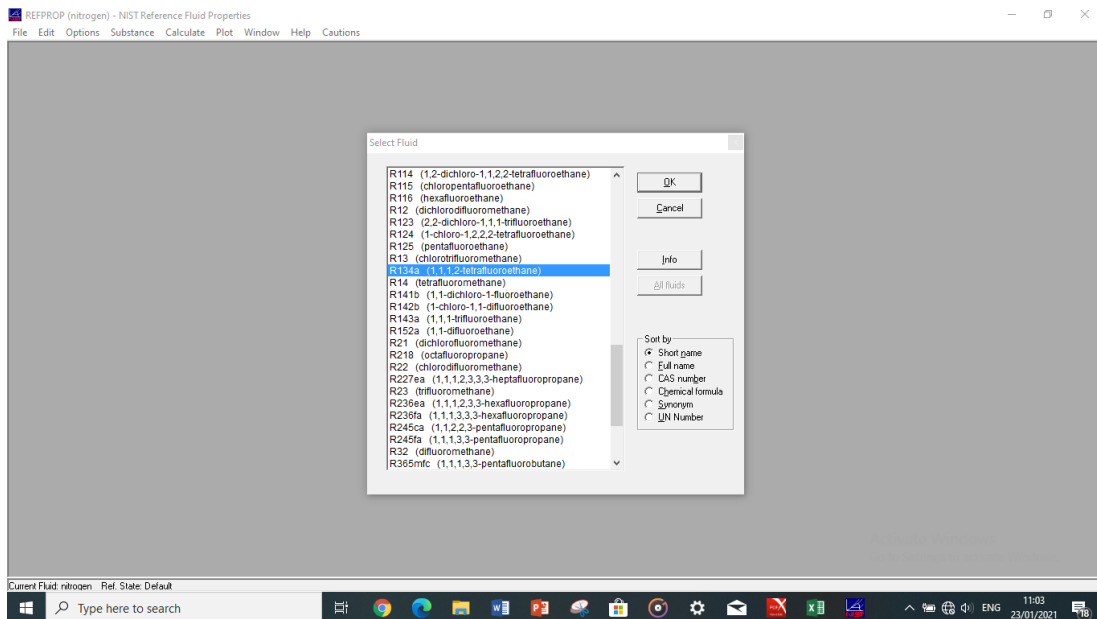
Software yang digunakan untuk menginput temperature dan tekanan yang akan menghasilkan nilai entalpi & entropi.

Lampiran 2 Pengaturan units pada refprop



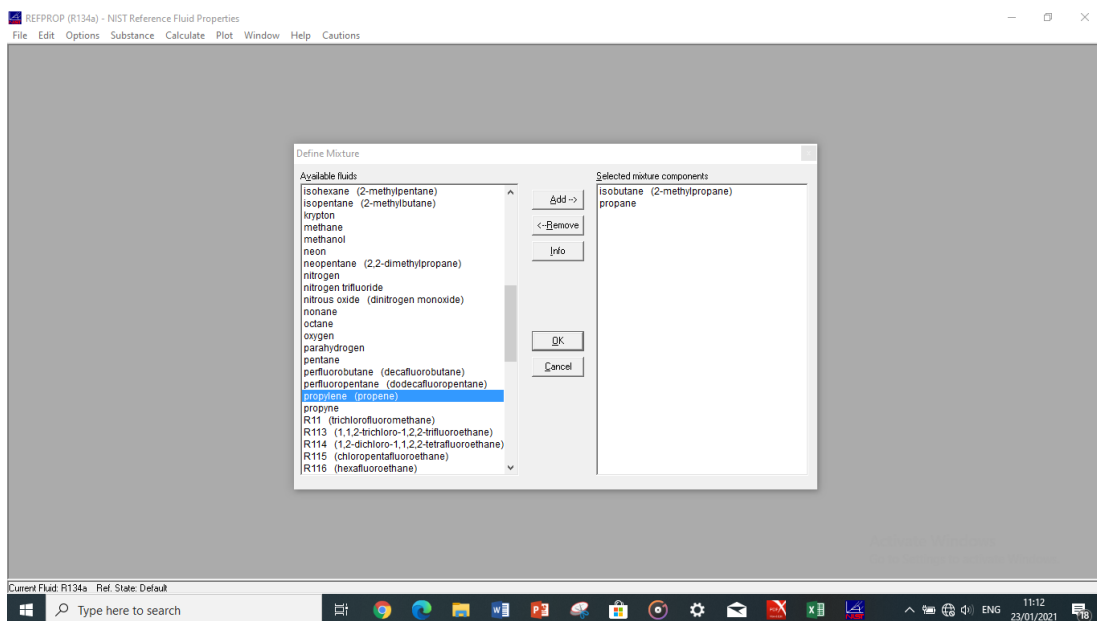
Settings Units untuk mengganti satuan yang dibutuhkan.

Lampiran 3 Settings singgel fluid 134a



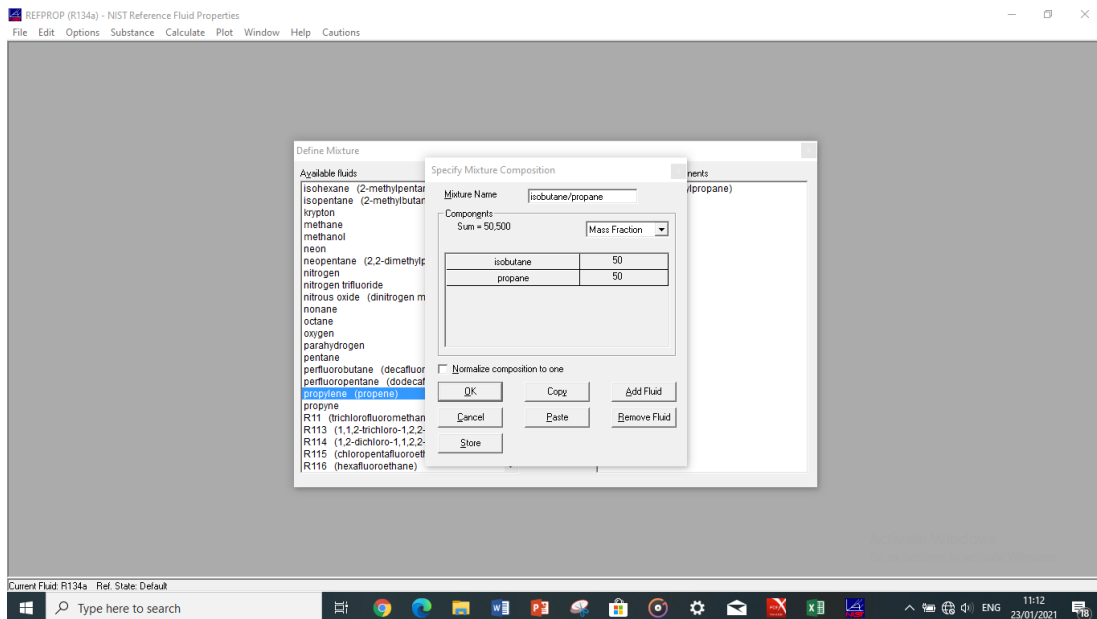
Pengaturan untuk menentukan fluida tunggal yang akan dipilih, pilih singgel fluid R134a.

Lampiran 4 Settings define mixture R290/600a



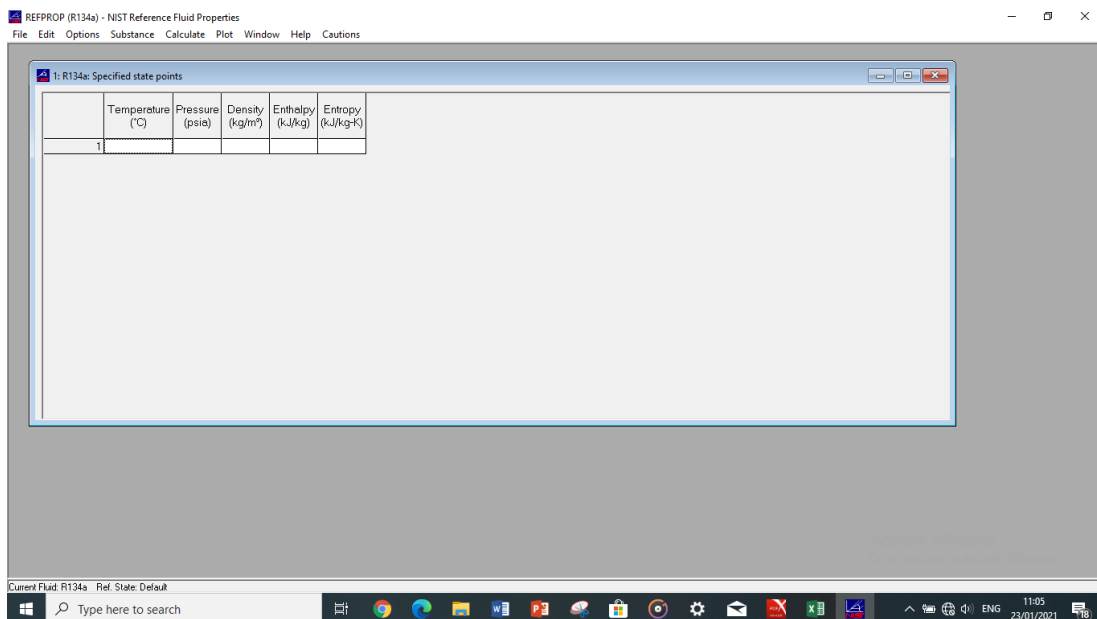
Pengaturan untuk mengidentifikasi dua buah campuran fluida yang akan di teliti, pilih Propane & Isobutane.

Lampiran 5 Settings perbandingan pencampuran 50:50



Masukan perbandingan yang di inginkan, masukan 50:50 untuk campuran

Lampiran 6 Input data to Refprof



Proses input data temperature & tekanan kedalam refprof dan akan diketahui nilai entalpi dan entropi.

Lampiran 7 Hasil data yang telah di input ke refprop

REFPROP (R134a) - NIST Reference Fluid Properties

File Edit Options Substance Calculate Plot Window Help Cautions

1: R134a: Specified state points

	Temperature (°C)	Pressure (psia)	Density (kg/m³)	Enthalpy (kJ/kg)	Entropy (kJ/kg-K)
1	-8.8292	148.04	1326.2	188.46	0.95500
2	-8.8292	148.04	1326.2	188.46	0.95500
3	-8.8292	148.04	1326.2	188.46	0.95500
4	40.050	148.04	1146.6	256.48	1.1907
5	40.050	148.04	1146.6	256.48	1.1907
6	-8.2229	148.04	1324.3	189.26	0.95802
7	-8.2229	148.04	1324.3	189.26	0.95802
8	-8.8292	148.04	1326.2	188.46	0.95500
9					

Current Fluid: R134a Ref. State: Default

Type here to search

11:09 23/07/2021

Lampiran 8 Data R134a

		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
Temperature	Pressure	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy	Entropy	Entropy
(°C)	(psia)	(kg/m³)	(kg/m³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
-34,165	10	87,443	0,22854	66,898	162,49	0,35567	0,75565
-32,221	11	87,085	0,24994	67,959	163,02	0,36008	0,75462
-30,412	12	86,752	0,27124	68,948	163,51	0,36416	0,7537
-28,721	13	86,437	0,29245	69,876	163,96	0,36796	0,75288
-27,129	14	86,141	0,31359	70,752	164,39	0,37152	0,75214
-25,625	15	85,859	0,33465	71,581	164,8	0,37487	0,75146
-24,199	16	85,591	0,35564	72,369	165,18	0,37804	0,75084
-22,841	17	85,334	0,37658	73,121	165,54	0,38104	0,75027
-21,545	18	85,088	0,39747	73,841	165,89	0,3839	0,74974
-20,304	19	84,852	0,41831	74,531	166,22	0,38663	0,74925
-19,114	20	84,624	0,4391	75,194	166,54	0,38924	0,7488
-17,969	21	84,404	0,45986	75,833	166,84	0,39174	0,74837
-16,867	22	84,192	0,48058	76,45	167,13	0,39414	0,74797
-15,803	23	83,986	0,50127	77,046	167,41	0,39646	0,74759
-14,774	24	83,786	0,52194	77,624	167,68	0,39869	0,74724
-13,779	25	83,592	0,54257	78,184	167,94	0,40084	0,7469
-12,814	26	83,404	0,56318	78,728	168,2	0,40293	0,74659
-11,877	27	83,22	0,58377	79,256	168,44	0,40494	0,74629
-10,968	28	83,041	0,60434	79,771	168,68	0,4069	0,746

-10,083	29	82,866	0,6249	80,272	168,91	0,4088	0,74573
-9,2215	30	82,695	0,64543	80,76	169,13	0,41065	0,74547
-8,3821	31	82,529	0,66596	81,237	169,35	0,41244	0,74522
-7,5634	32	82,365	0,68647	81,703	169,56	0,41419	0,74499
-6,7644	33	82,205	0,70697	82,159	169,76	0,41589	0,74476
-5,9839	34	82,049	0,72746	82,604	169,96	0,41756	0,74455
-5,221	35	81,895	0,74794	83,04	170,16	0,41918	0,74434
-4,4747	36	81,744	0,76841	83,467	170,35	0,42076	0,74414
-3,7443	37	81,596	0,78888	83,886	170,54	0,42231	0,74395
-3,029	38	81,451	0,80934	84,297	170,72	0,42382	0,74376
-2,328	39	81,308	0,8298	84,7	170,9	0,4253	0,74358
-1,6408	40	81,167	0,85026	85,095	171,07	0,42675	0,74341
-0,9667	41	81,029	0,87071	85,484	171,24	0,42818	0,74324
-0,30514	42	80,893	0,89116	85,866	171,41	0,42957	0,74308
0,34441	43	80,759	0,91161	86,241	171,57	0,43093	0,74293
0,98245	44	80,627	0,93207	86,61	171,73	0,43227	0,74278
1,6094	45	80,497	0,95252	86,974	171,89	0,43359	0,74263
2,2258	46	80,369	0,97298	87,331	172,04	0,43488	0,74249
2,832	47	80,243	0,99343	87,684	172,19	0,43615	0,74236
3,4283	48	80,118	1,0139	88,031	172,34	0,4374	0,74222
4,0152	49	79,995	1,0344	88,372	172,48	0,43862	0,74209
4,593	50	79,873	1,0548	88,709	172,63	0,43983	0,74197
5,162	51	79,753	1,0753	89,042	172,77	0,44102	0,74185
5,7226	52	79,635	1,0958	89,369	172,9	0,44219	0,74173
6,2749	53	79,517	1,1163	89,693	173,04	0,44334	0,74161
6,8193	54	79,402	1,1368	90,012	173,17	0,44447	0,7415
7,3561	55	79,287	1,1573	90,326	173,3	0,44558	0,74139
7,8854	56	79,174	1,1778	90,637	173,43	0,44668	0,74128

Lampiran 9 Data blend R290/600a

		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
Temperature	Pressure	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy	Entropy	Entropy
(°C)	(psia)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
-33,181	10	37,631	0,11127	45,353	225,7	0,26955	1,0351
-31,078	11	37,484	0,12158	47,349	226,86	0,27811	1,0333
-29,12	12	37,347	0,13183	49,215	227,93	0,28604	1,0317
-27,286	13	37,218	0,14203	50,97	228,94	0,29344	1,0303
-25,56	14	37,095	0,15218	52,628	229,89	0,30038	1,029
-23,927	15	36,979	0,16228	54,203	230,79	0,30692	1,0279
-22,377	16	36,868	0,17234	55,703	231,65	0,31311	1,0269

-20,9	17	36,762	0,18237	57,137	232,46	0,31898	1,026
-19,49	18	36,661	0,19237	58,512	233,24	0,32458	1,0251
-18,139	19	36,563	0,20233	59,833	233,98	0,32993	1,0244
-16,842	20	36,469	0,21226	61,105	234,69	0,33505	1,0237
-15,594	21	36,378	0,22217	62,333	235,38	0,33997	1,023
-14,391	22	36,29	0,23206	63,519	236,04	0,34469	1,0224
-13,23	23	36,204	0,24192	64,669	236,68	0,34925	1,0219
-12,106	24	36,122	0,25177	65,783	237,3	0,35365	1,0214
-11,019	25	36,041	0,26159	66,866	237,9	0,3579	1,0209
-9,9637	26	35,963	0,2714	67,918	238,48	0,36201	1,0205
-8,9395	27	35,887	0,28119	68,943	239,04	0,366	1,02
-7,944	28	35,812	0,29096	69,941	239,58	0,36987	1,0197
-6,9753	29	35,74	0,30072	70,915	240,12	0,37363	1,0193
-6,0318	30	35,669	0,31047	71,866	240,63	0,37729	1,019
-5,1121	31	35,599	0,3202	72,795	241,14	0,38085	1,0187
-4,2147	32	35,531	0,32993	73,704	241,63	0,38432	1,0184
-3,3385	33	35,465	0,33964	74,593	242,11	0,3877	1,0181
-2,4823	34	35,4	0,34934	75,464	242,58	0,391	1,0178
-1,645	35	35,336	0,35904	76,318	243,03	0,39423	1,0176
-0,8257	36	35,273	0,36872	77,155	243,48	0,39738	1,0174
-0,02354	37	35,211	0,3784	77,977	243,92	0,40046	1,0172
0,76231	38	35,151	0,38807	78,784	244,35	0,40348	1,017
1,5326	39	35,091	0,39774	79,576	244,77	0,40643	1,0168
2,2881	40	35,032	0,4074	80,355	245,18	0,40933	1,0166
3,0294	41	34,975	0,41705	81,12	245,58	0,41216	1,0164
3,7571	42	34,918	0,4267	81,873	245,98	0,41495	1,0163
4,4719	43	34,862	0,43634	82,615	246,36	0,41768	1,0161
5,1742	44	34,807	0,44598	83,344	246,74	0,42036	1,016
5,8645	45	34,753	0,45562	84,063	247,12	0,42299	1,0158
6,5433	46	34,699	0,46525	84,771	247,49	0,42558	1,0157
7,2111	47	34,646	0,47488	85,469	247,85	0,42813	1,0156
7,8682	48	34,594	0,48451	86,157	248,2	0,43063	1,0155
8,5151	49	34,543	0,49413	86,836	248,55	0,43309	1,0154
9,1521	50	34,492	0,50375	87,505	248,9	0,43551	1,0153
9,7796	51	34,442	0,51338	88,166	249,23	0,43789	1,0152
10,398	52	34,392	0,523	88,818	249,57	0,44024	1,0151
11,007	53	34,344	0,53262	89,462	249,89	0,44255	1,015
11,608	54	34,295	0,54224	90,098	250,22	0,44483	1,015
12,201	55	34,247	0,55185	90,727	250,54	0,44708	1,0149

Lampiran 10 Simbol Notasi

SIMBOL NOTASI

\dot{m} = Laju aliran massa pada state (kg/s)

P = Daya aktual

V = Voltase (Watt)

I = Arus

h = Enthalphy pada State (kJ/kg)

s = Entropi pada State (kJ/kg K)

W_c = Kerja kompresor (kW)

$\dot{Ex}_{d,tot}$ = Tingkat *Exergy* Total

$\dot{Ex}_{d,com}$ = Tingkat *Exergy* di Kompresor

$\dot{Ex}_{d,con}$ = Tingkat *Exergy* di Condensor

$\dot{Ex}_{d,cap}$ = Tingkat *Exergy* di Pipa kapiler

$\dot{Ex}_{d,eva}$ = Tingkat *Exergy* di Evaporator



YAYASAN PENDIDIKAN PANCASAKTI TEGAL
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
UPT INOVASI DAN PUBLIKASI ILMIAH

Jl. Halmahera Km. 1 Tegal 52122
Sekretariat Telp / Fax (0283) 351262 / Pakse Telp / Fax (0283) 351267
e-mail ip@upslegal.ac.id website: www.upslegal.ac.id

Nomor : 006.aa/K/A-2/IPI-UPN/2021
Lampiran : -
Perihal : HASIL SCAN SIMILARITY

2/23/2021 13:43:20

Kepada,
Yth. SURYA KUSTIARSO

Dalam rangka pencegahan kasus plagiasi dalam penyusunan karya ilmiah dosen dan mahasiswa di lingkungan Universitas Pancasakti Tegal, maka saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SURYA KUSTIARSO
Jenis karya : SKRIPSI
Judul : ANALISIS EXERGY KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA

Dengan ini menyatakan bahwa SKRIPSI dengan judul : **ANALISIS EXERGY KULKAS YANG MEGGUNAKAN CAMPURAN R-290/600A BASIS R134A DENGAN VARIASI MASSA** telah dicek kesamaan (similarity) menggunakan Turnitin dengan hasil kesamaan sebesar 17%. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap kode etik publikasi dalam karya saya ini

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pemeriksa,
Ketala UPT Inovasi dan Publikasi Ilmiah
Universitas Pancasakti Tegal



Tegal, 23/02/ 2021
Yang menyatakan,

SURYA KUSTIARSO